Juho Kemppainen

# KNX-järjestelmä ja LED-valaistus toimistoympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

24.5.2018

Metropolia

| | |
|---|---|
| Tekijä<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika | Juho Kemppainen<br>KNX-järjestelmä ja LED-valaistus toimistoympäristössä<br><br>46 sivua + 7 liitettä<br>24.5.2018 |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma | Sähkötekniikan koulutusohjelma |
| Ammatillinen pääaine | Sähkövoimatekniikka |
| Ohjaajat | Lehtori Tapio Kallasjoki<br>Sähkökäytönjohtaja Matti Suomalainen |

Insinöörityössä perehdyttiin LED-valaistukseen ja KNX-järjestelmiin esimerkkikohteen avulla. Tavoitteena oli tutkia LED-valaistuksen ja KNX-ohjelmoinnin vaikutusta sähkön kulutukseen ja antaa kuva elinkaarikustannuksista esimerkkikohteessa. Vertailukohtana oli vanha loisteputkivalaistus ilman älykästä valaistuksenohjausjärjestelmää. Työ esittää lukijalleen myös tarvittavat komponentit KNX-järjestelmän ja LED-valaistuksen toteuttamisesta toimistoympäristössä.

Esimerkkikohteena työssä toimi ABB Oy:n Pitäjänmäen konetehtaan 2. kerroksen B-D porrasväli. Kohteen saneeraus valmistui tammikuussa 2018. Insinöörityön laatiminen aloitettiin rajaamalla sen aihe alue, joksi valittiin kohteen työpisteiden yleisvalaistus ja valaistuksen ohjauksen hoitava KNX-järjestelmä. Kohteessa oli myös muuta valaistusta, esimerkiksi WC:t ja keittiötilat, mutta niitä ei ole käsitelty tässä insinöörityössä, koska niiden vaikutus energiankulutukseen on pieni.

Työssä perehdyttiin ensin järjestelmien yleistietoon ja sen jälkeen syvennyttiin esimerkkikohteen järjestelmiin. Valaistusvoimakuuksia laskettiin käsin ja tietokoneavusteisesti DIALux-ohjelmalla. Mittauksia tehtiin kohteen valaistusvoimakuuksille ja virta-arvoille. Mittauksien tulokset antoivat tietoa energiatehokkuuslaskelmiin.

Tuloksista on havaittavissa, että kohteen energiatehokkuus valaistuksen osalta on hyvä. Takaisinmaksuaika on arvion mukaan 16–17 vuotta. Huomioon otettava asia oli, että valaistus olisi ollut uudistuksen tarpeessa joka tapauksessa.

Insinöörityön tuloksia ABB Oy voi käyttää suunnitellessaan uusia saneerauskohteita.

| | |
|---|---|
| Avainsanat | LED-valaistus, KNX-järjestelmä, energiatehokkuus, ABB Oy, Philips Lighting |

| | |
|---|---|
| Author<br>Title<br><br>Number of Pages<br>Date | Juho Kemppainen<br>KNX System and LED Lighting in an Office Environment<br><br>46 pages + 7 appendices<br>24 May 2018 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Degree Programme in Electrical Engineering |
| Professional Major | Electrical Power Engineering |
| Instructors | Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer<br>Matti Suomalainen, Operation manager of electrical equipment |

This bachelor's study familiarizes with LED lighting and KNX systems with an example target. The aim was to explore the effect of lighting and programming on electricity consumption and to give a picture of life cycle costs in the example target. The benchmark was the old fluorescence illumination without an intelligent lighting control system. This work also provides the reader with the necessary components to implement the KNX system and LED lighting in an office environment.

The example target of this work was the ABB Oy Pitäjänmäki machine factory's 2nd floor B-D trap stage. The renovation of the target was completed in January 2018. The compilation of the study was started by delimiting the topic area. The main focus was chosen to be the general lighting of the target workstations and the lighting control KNX system. There was also other lighting, such as toilets and kitchen facilities, but they have not been dealt with in this study because they have low effect on energy consumption.

The work first acquainted with the general information of the systems and then dealt with the example targeting systems. Illumination strengths were calculated manually and computer-assisted by the DIALux program. Measurements were made for lighting illumination and current values for the object. The results of the measurements provided information on energy efficiency calculations.

It is apparent from the results that the energy efficiency of the object, in terms of illumination, is good. The repayment period is estimated to be between 16 and 17 years. The point to note was that lighting would have been in need of reform in any case.

The results of the work can be used by ABB Oy when designing new renovation projects.

| | |
|---|---|
| Keywords | KNX system, LED lightning, energy efficiency, ABB Oy, Philips Lighting |

## Sisällys

Liitteet

Liite 1. Korkeiden tilojen valaisinkortti

Liite 2. Matalien tilojen valaisinkortti LED 25S

Liite 3. Neuvottelutilojen valaisinkortti

Liite 4. Tuotekortti, avotilojen tunnistin

Liite 5. Tuotekortti, neuvottelutilojen tunnistin

Liite 6. Piirikaavio, keskuksen sisäiset KNX-laitteet

Liite 7. Valaistusmittari, Konica minolta CL-70F

## Lyhenteet

| | |
|---|---|
| CIE | Commission Internationale de l´Eclairage. Kansainvälinen voittoa tavoittelematon valaistuskomissio, joka työskentelee valon, valaistuksen ja väritieteen parissa. |
| DALI | Digidal Addressable Lighting Interface. Valaistuksen ohjauksen digitaalinen, osoitteellinen ohjausjärjestelmä. |
| EIBAN | European Installation Bus Association. Eurooppalainen yhdistys, joka kehittää väylätekniikoita. |
| EIB | European Installation Bus. Eurooppalainen asennusväylästandardi. |
| ETS | Engineer Tool Software. Laitevalmistajasta riippumaton ohjelma, jolla ohjelmoidaan KNX-järjestelmiä. |
| KNX | Maailmanlaajuinen avoimeen standardiin pohjautuva ohjausjärjestelmä kiinteistöille. |
| LED | Light Emitting Diode. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa. |
| LLMF | Lamp Lumen Maintance Factor. Valonlähteen valontuoton väheneminen määrätyn ajan kuluttua. Valovirranalenema. |

# 1 Johdanto

Valaistuksen ohjausjärjestelmien ja LED-valaistuksen energiansäästöpotentiaali on suuri perinteisiin valaistusjärjestelmiin verrattuna. Insinöörityön tarkoituksena on tutkia LED-valaistusta ja KNX-ohjausjärjestelmää toimistoympäristössä. Aihe on ajankohtainen, koska energiatehokkuuteen pyritään joka saralla.

Insinöörityön aihe tuli ABB Oy:n Pitäjänmäen tehtaan sähkökäytönjohtaja Matti Suomalaiselta. Esimerkkikohteena insinöörityössä käytetään ABB Oy:n Pitäjänmäen konetehtaan 2. kerroksen B-D porrasvälin uudistettua LED-valaistusta ja KNX-järjestelmää. Kohteen saneeraus valmistui tammikuussa 2018. Saneerauskohteen pinta-ala on noin 2300 $m^2$. Kohteen pääurakoitsijana toimi U-H Rakennus Oy ja sähköurakoitsijana E-sähkö Oy. Kohteen sähkösuunnittelusta vastasi suunnittelutoimisto Granlund Oy.

Työn alussa esitellään KNX-järjestelmät ja LED-valaistus yleisesti. Tämän jälkeen työssä esitellään esimerkkikohteen KNX-laitteet ja yleisvalaisimet. Luvussa 5 perehdytään kohteen ohjelmointiin, mitattuihin valaistusvoimakuuksiin, mitattuihin sähkötehoihin ja esitetään laskennallisesti esimerkkitilojen valaistusvoimakkuusarvot kolmella eri tapaa. Luvussa 6 perehdytään kohteen energiansäästöön entiseen valaistukseen verrattuna, sekä järjestelmien takaisinmaksuaikoihin. Työn lopussa on yhteenveto työn tuloksista.

Työn tavoitteena on saada tietoa ohjelmoinnin vaikutuksesta valaistuksen tarvitsemaan sähkötehoon ja sitä myöten energiansäästöön ja elinkaarikustannuksiin. Insinöörityössä annetaan myös lukijalleen kuva siitä, mitä tarvitaan käytännössä toteuttamaan KNX-järjestelmällä ohjelmoitu LED-valaistus.

# 2 KNX- järjestelmät

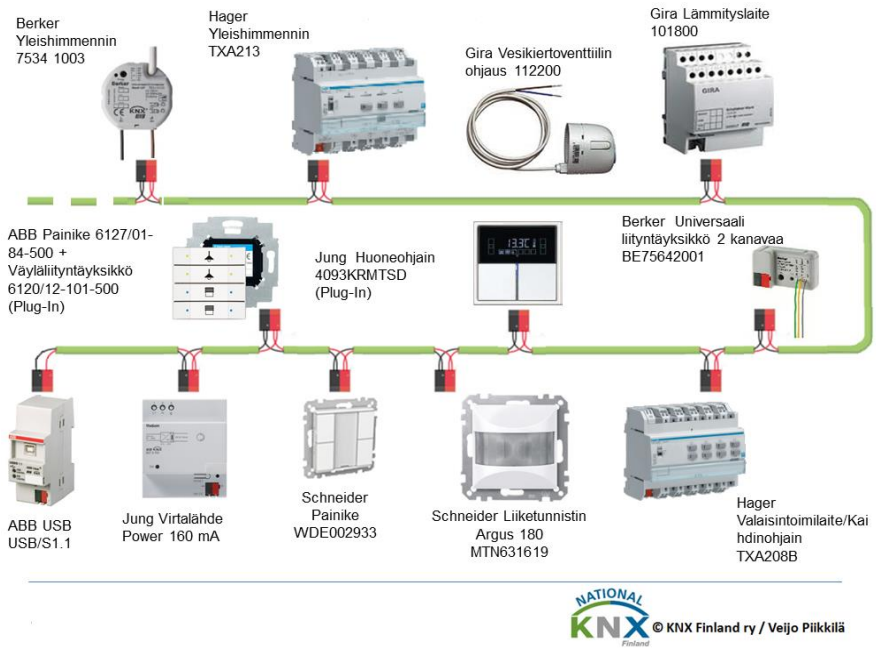
## 2.1 Toimintaperiaate

Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat yleistyneet viime vuosina merkittävästi. KNX-järjestelmä on yksi yleisimmistä rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmistä maailmanlaajuisesti. Pelkästään Suomessa KNX-tekniikalla on toteutettu yli 10 000 kohdetta. KNX-järjestelmiä käytetään asuin- ja liikekiinteistöissä ja jopa kokonaisissa kaupunginosissa, kuten Helsingin Kalasatamassa. Esimerkiksi vuonna 2011 valmistunut Helsingin musiikkitalo oli suurin KNX-tekniikalla toteutettu automaatiojärjestelmä Pohjoismaissa ja yksi suurimmista KNX-toteutuksista Euroopassa. (1; 2, s. 1.)

KNX on avoin standardi. Avoimeen standardiin pohjautuvia järjestelmiä ja laitteita voidaan kehittää ja tuottaa vapaasti. Etuina suljettuihin automaatiojärjestelmiin on valinnanvapaus laitteistoista, jolloin KNX-yhteensopivia tuotteita ja palveluita on saatavilla useilta eri toimittajilta. Samassa avoimessa järjestelmässä voidaan käyttää useiden eri valmistajien komponentteja. Avoimen standardin järjestelmiä pidetään yleisesti turvallisempina investoinnin ja käyttövarmuuden osalta. Avoin standardi antaa hyvän mahdollisuuden niin sähkösuunniteluun kuin itse laitteiden asennuksiin. (3, s. 1.)

KNX-tekniikka pohjautuu EIB (European Installation Bus) järjestelmään. EIB-väyläjärjestelmän kehitys alkoi 1990-luvun vaihteessa, kun viisitoista suurta eurooppalaista elektroniikka-alan valmisajaa perustivat yhdistyksen EIBAN:n (European Installation Bus Association). Euroopan laajuisen standardoinnin jälkeen järjestelmä haluttiin maailmanlaajuiseksi, joten nimi oli vaihdettava. Nykyinen nimi KNX vakiintui 2000-luvun alkupuolella. (3, s. 13–14.)

Nykyisin suurin osa uusista rakennusautomaatiojärjestelmistä toimii väylätekniikalla. KNX-järjestelmät toimivat väylätekniikkaa hyödyntäen. Väylätekniikalla toteutetuissa järjestelmissä jokaisessa toimilaitteessa on niin kutsuttu äly. Näin ollen erillisiä keskusyksiköitä ei tarvita vaan laitteet kommunikoivat ja toimivat keskenään. Väylätekniikalla toimivat laitteet tarvitsevat sähkönsyötön lisäksi väyläkaapelin. Tämä lisää kaapelointikustannuksia perinteisiin ohjausjärjestelmiin nähden, mutta edut ovat huomattavat. (3.)




Kuva 1. Esimerkkilaitteet ja väyläkaapelointi (1).

Kuvassa 1 on esitetty KNX esimerkkilaitteita ja niiden välinen väyläkaapelointi.

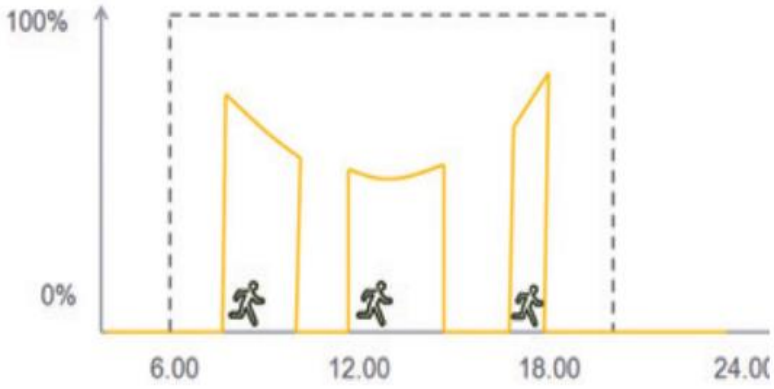
KNX-järjestelmä on yksinkertaisimmillaan asennus, jossa käytetään yhtä anturia, yhtä toimilaitetta, teholähdettä sekä niiden välistä väyläkaapelia. Väyläkaapeli toimii asennuksessa siirtomediana. Anturit keräävät tietoa ympäristöstään ja lähettävät tiedot sanomamuodossa eteenpäin KNX-väylään. Sanoma voi sisältää mittaustietoa, informatiivista tietoa tai komennon toimilaitteelle. Esimerkkejä anturin lähettämistä sanomista on painikkeen painaisu, liikkeen tunnistus tai valon määrän kasvu. Toimilaitteet vastaanottavat antureiden lähettämiä sanomia ja muuttavat ne toiminnoiksi, esimerkiksi valaisimien päälle kytkeminen, valojen himmentäminen tai verhojen korkeuden säätäminen. Teholähteen tarkoituksena järjestelmässä on tuottaa väyläkaapeliin kytketyille laitteille tehonsyöttö. (3, s. 35.)

KNX-järjestelmä toimii osoitteellisena. Osoitteita on käytössä kahdenlaisia, yksilöllisiä osoitteita ja ryhmäosoitteita. Yksilöllisen osoitteen avulla saadaan tietoon laitteen sijainti järjestelmässä ja ryhmäosoitteilla väylälaitteet osaavat välittää niille tulevia sanomia. (3, s. 36.)

## 2.2 Yleisimmät käyttösovellukset

### Valaistus

Yleisin KNX-järjestelmän käyttösovellus on valaistuksen ohjaus. Yhdessä LED-valaisimien kanssa saadaan toteutettua energiatehokkaita valaistusjärjestelmiä. Perinteiseen kytkinohjaustapaan verrattuna älykkäällä järjestelmällä on vaivatonta toteuttaa energiatehokkaita valaistusratkaisuja. Toimitilojen energiatehokkuus on parhaimmillaan, kun niihin on asennettu valaistuksen ohjaukseen läsnäolotunnistimet vakiovalo-ohjauksella. Tällöin ulkoa tuleva valo vaikuttaa positiivisesti valaistukseen tarvittavaan energiamäärään. Vakiovalo-ohjaus ehkäisee myös tulevaa energiahukkaa, joka johtuu LED-valaisimien valovirran alenemisesta. Ohjauksella saadaan valaistusvoimakkuus pysymään samassa tasossa, riippumatta valaisimien luontaisesta valovirran alenemasta. Tämä edellyttää sitä, että kohteen suunnitteluvaiheessa valaisimet on ylimitoitettu teholtaan. Kuvassa 2 on havainnollistava kuva valaistuksen tehonkäytöstä perinteisellä kello-ohjauksella (harmaa katkoviiva) ja läsnäolotunnistimilla/vakiovalo-ohjauksella (keltainen viiva). (3, s. 25–26.)




Kuva 2. Havainnekuva valaistuksen vuorokautisesta tehonkäytöstä (3).

### Kaihtimet ja markiisit

KNX-järjestelmällä voidaan ohjata esimerkiksi sälekaihtimia, valkokankaita, lamelliverhoja, markiiseja. Verho-ohjauksia saadaan integroitua eri järjestelmiin esim. elokuvateatterissa aloitetaan elokuvan katselu; valot sammuvat, pimennysverhot ja valkokangas

laskeutuvat. Myös kiinteistöautomaatioon integroidut ikkunoiden kaihtimet saadaan sulkeutumaan automaattisesti kun aurinko paistaa. Näillä ohjauksilla saavutetaan sekä mukavuutta että energiatehokkuutta. (3, s. 27.)

Lämmitys, jäähdytys ja ilmastointi

KNX-järjestelmien avulla saadaan toteutettua suurienkin kohteiden lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmastoinnin automaatiojärjestelmä. KNX-huonelämpösäätimien ja läsnäolotunnistimien avulla tilat saadaan säädettyä yksilöllisesti tarpeen mukaisesti. Energiatehokkuus yleensä paranee huomattavasti käyttämällä älykkäitä järjestelmiä. (3, s. 27–29.)

Muita käyttösovelluksia

KNX-käyttökohteita on lukuisia. Esimerkiksi kiinteistöjen ovipuhelinjärjestelmät, rikosilmoitinjärjestelmät ja energiankäytön hallinta saadaan integroitua järjestelmiin. Älykkäillä järjestelmillä voidaan myös visualisoida ja käyttää etänä kiinteistön sähköjärjestelmiä vaikka toiselta paikkakunnalta omalla puhelimella. (3, s. 29.)

# 3 LED-valaistus

## 3.1 Valaistusteknisiä suureita

Valaistusta mitataan ja lasketaan eri suureiden avulla. Taulukossa 1 on esitetty valaistuksen perussuureet selityksineen.

Muita tärkeitä valaistusteknisiä suureita ja käsitteitä on esimerkiksi Kelvin (K), joka määrittelee valon värilämpötilan. Kun värilämpötila alittaa 3300 K:n, valo on lämmintä, ja jos se on yli 3300 K, valo on neutraalia. Värilämpötilan ollessa yli 5300 K valo on kylmää. Vertailuvalonlähteinä värilämpötilaa määrittäessä käytetään 2300K–5000K alueella hehkusäteilijää ja yli 5000 K:n valonlähteitä verrataan päivänvalostandardeihin. (6.)

Värintoistoa määritellessä käytetään vielä nykyisin yleisesti $R_a$-indeksiä. Värintoistolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä oikein, vertailuvalonlähteeseen verrattuna. $R_a$-indeksi vertaa vain kahdeksaa testiväriä. Kansainvälinen valaistuskomissio CIE

(Commission Internationale de l´Eclairage) on hyväksynyt ja ottanut käyttöön uuden värintoistoindeksin nimeltään Colour Fidelity Index, $R_f$. Tämä värintoistoindeksi vertaa 99 testiväriä. Vielä tässä vaiheessa sitä ei haluta käyttää valaisimien vertailuun vaan sitä käytetään tarkkaan tieteelliseen tutkimukseen. Luultavammin $R_f$-indeksin käyttö tulee lähivuosina laajenemaan myös valaisimien vertailuun. (6; 7.)

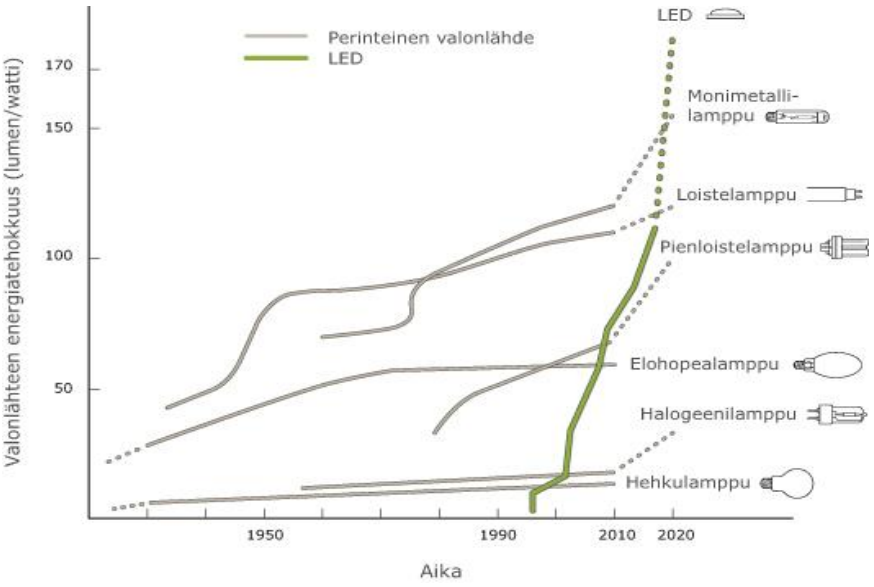
Taulukko 1. Valaistusteknisiä suureita (5).

| Suure | Symboli | Yksikkö | Kaava | Selitys |
|---|---|---|---|---|
| Valovirta | φ | Luumen (lm) | | Valonlähteestä lähtevän valon kokonaismäärä. |
| Valovoima | I | Kandela (cd) | I = φ/ω | Valaisimen lähettämä valovoima määrättyyn suuntaan. |
| Valaistusvoimakkuus | E | Luksi (lx) | E = φ/A | Pinnalle tuleva valovirta pinta-alaa kohden. |
| Luminanssi | L | (cd/m²) | L = I/A (L=I/A cosφ) | Pinnalta tai pisteestä tiettyyn suuntaan lähtevän valon kirkkaus. |
| Valotehokkuus | H | (lm/W) | H = φ/P | Valonlähteen valovirta kulutettua tehoa kohden. |
| Tehotiheys<br><br>(ei virallinen) | | (W/m²) | P/A | Valaistuksen tarvitsema teho pinta-ala neliötä kohden. |

## 3.2 Toimintaperiaate

Viime vuosina valonlähteiden valikoima on muuttunut nopeasti Euroopan markkinoilla. Euroopan komission asettamat Ecodesign-direktiivin energiatehokkuusvaatimukset valaistukselle ovat vauhdittaneet LED-tekniikan kehitystä ja kaupankäyntiä. Vuonna 2017 jo noin 70–80 % suurimpien sähkötukkuliikkeiden (SLO ja REXEL) myymistä valaisimista oli LED-tekniikalla toteutettuja. (8; 9.)

Ledien edut verrattuna perinteisiin valonlähteisiin ovat nopea syttyminen, hyvä valontuotto, elinikä, säädettävyys ja energiatehokkuus. Ledit eivät myöskään tuota juurikaan ultraviolettisäteilyä sekä lämpöä verrattuna perinteisiin valonlähteisiin. Led-tekniikalla varustetuilla valaisimilla päästään jopa 160 luumeniin/watti riippuen mallista ja valmistajasta. Led-valaisimien uskotaan saavuttavan seuraavan kymmenen vuoden sisällä jopa 200 lm/W valotehokkuuden. Led-tekniikka mahdollistaa myös kompaktin kokoisten valaisimien valmistuksen. Kuvassa 3 on esitetty eri valonlähteiden valotehokkuudet vuosien saatossa. (10; 11; 12.)



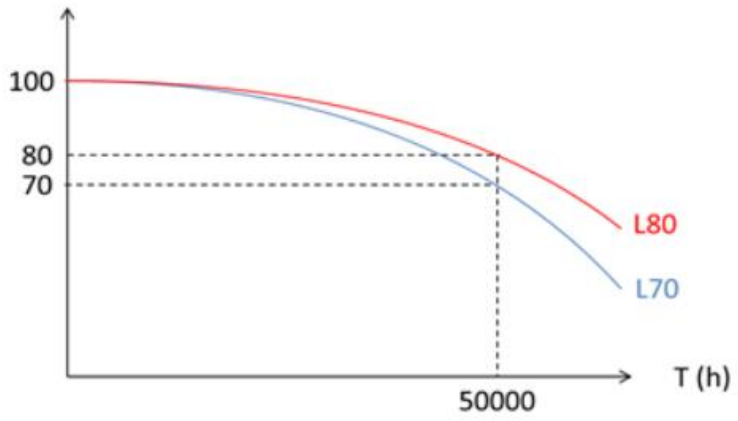

Kuva 3. Eri valonlähteiden valotehokkuudet (11).

Ledien huonoihin puoliin kuuluu kallis hankintahinta, osittain huono värintoisto, liitäntälaitteen tarve, huono lämmönkestävyys ja pistemäinen valonlähde. LED-valaisimien hintakehitys on ollut kuitenkin viime vuosina alaspäin ja ero perinteisiin valonlähteisiin on

kutistumassa. Värintoisto LED-valaisimissa on jo laadukkailla komponenteilla toteutettuna hyvä, joskin markkinoilla on monenlaisia toimijoita. Liitäntälaitteet ovat LED-valaisimissa yksi pullonkaula, koska niiden sisältämä elektroniikka vikaantuu herkästi ja vaikuttaa negatiivisesti valaisimien huoltokustannuksiin. LED-valaisimet tuottavat paljon lämpöä, joka pitää siirtää muualle LED-yksiköstä, mikä tuo haasteita valaisimien rakennesuunnitteluun valaisinvalmistajille. Ledien pistemäisyyttä saadaan vähennettyä erilaisilla optiikoilla, mutta nämä osaltaan vähentävät LED-valaisimien energiatehokkuutta. (8; 10; 12.)

Ledien luontainen ominaisuus on valovirranalenema (LLMF). Ledien elinikää määriteltäessä käytetään usein merkintää $L_{70}B_{50}$ 50 000 h. Tämä tarkoittaa sitä, että 50 000 käyttötunnin jälkeen valaisimen valovirrasta on jäljellä vähintään 70 %. Merkintä voi olla myös esimerkiksi $L_{80}B_{50}$ 70 000 h, joka tarkoittaa vastaavasti vähintään 80 % valovirtaa 70 000 käyttötunnin jälkeen. Ledimoduulit eivät sammu välittömästi elinkaarensa lopussa, vaan jäävät palamaan himmeämmin. Tästä johtuen valaistussuunnitelmissa täytyy ottaa huomioon valovirranalenema. (13, s. 12.)

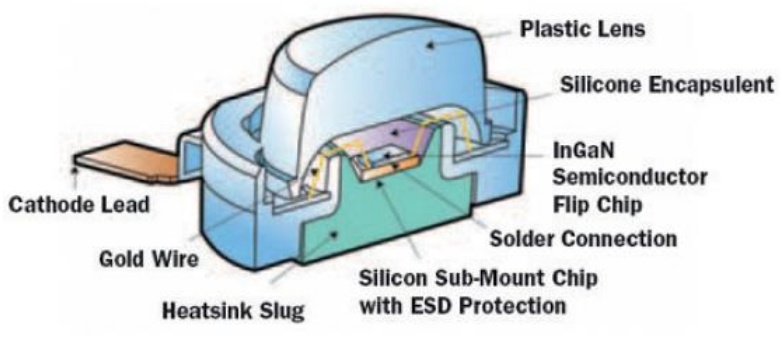
$B_{50}$ tarkoittaa esimerkissä lisämääritelmää, joka kertoo, kuinka suuri osa saman valaisimen ledeistä on alle mainitun L-arvon. Esimerkiksi $L_{80}B_{50}$ 70 000 h tarkoittaa, että ledeistä korkeintaan 50 %:sta on valovirta tippunut alle 70 %:iin ja lopuissa valovirta on edelleen yli 80 % 70 000 käyttötunnin jälkeen. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki valovirran alenemasta 50 000 tunnin aikana. (13, s. 12)




Kuva 4. Esimerkki valovirranalenemasta (13).

Ledien historia ulottuu aina vuoteen 1907, jolloin englantilainen Henry Joseph Round havaitsi epäorgaanisien materiaalien kyvyn säteillä valoa sähkövirran vaikutuksesta. Keksintö kuitenkin unohtui vuosiksi ja vasta 1960 luvulla kehiteltiin ensimmäinen näkyvän valon aallonpituudella toimiva LED. Aluksi ledit toimivat merkkilamppuina ym. käyttösovelluksissa elektroniikassa, ja vasta 2000 luvun alkupuolella tekniikkaa alettiin käyttämään isommassa mittakaavassa valaisimiin. Vuonna 2010 laboratorio olosuhteissa on kehitetty tietynvärisiä ledejä valotehokkuudeltaan 250 lm/W ja kehitys jatkuu. (10.)

Ledi toiselta nimeltään hohtodiodi on p-n-liitoksella toteutettu puolijohdekomponentti. Myötäjännitteiseen tasavirtaan kytkettynä led tuottaa valoa. Ledit tarvitsevat toimiakseen virtalähteen, joka muuttaa vaihtovirran tasavirraksi. Perinteisiin valaisimiin verrattuna ledi ei juurikaan tuota ultravioletti- tai lämpösäteilyä. Ledien tuottama lämpö jää lämmittämään lediä, mikä heikentää puolijohteen elinikää ja alentaa sen valovirtaa. Lämmön pois johtaminen ledeistä on tärkeä osa laadukasta led-valaisinta. Kuvassa 5 esitetään poikkileikkaus teholedistä. (8, s. 4.)

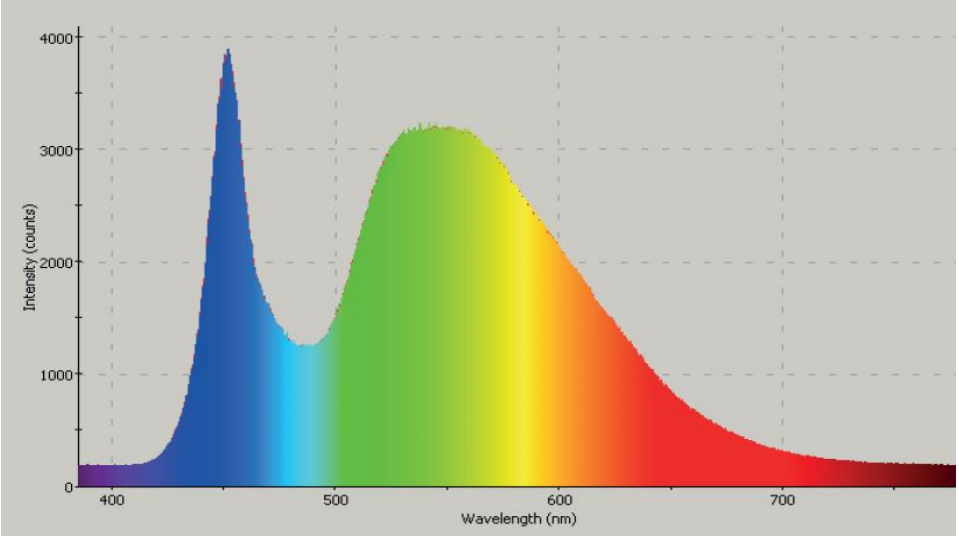



Kuva 5. Teholedin rakennekuva (8).

Ledien näkyvää valoa tuottama valo on aina värillistä. Valon väri riippuu siitä, millä aineilla puolijohteet on käsitelty. Valaistukseen tarkoitetuilla ledeillä haetaan yleensä valkoista valoa. Valkoinen valo tuotetaan yleensä joko käyttämällä sinistä valoa säteilevää lediä, joka päällystetään keltaisella loisteaineella, tai käyttämällä loisteainekalvoa. Loisteaineella saadaan valon spektri laajennettua muille taajuusalueille ja näin saadaan valkoista valoa. Muuttamalla loisteaineen ominaisuuksia saadaan tuotettua myös muun värisiä ja sävyisiä ledejä. (8, s. 5.)

Toinen tapa värien tuottoon on yhdistää led-valaisimeen eri väriä säteileviä ledejä. Yhdistämällä punaisia (Red), vihreitä (Green) ja sinisiä (Blue) saadaan toteutettua ns. RGB-

valaisin. RGB-tekniikalla tehdystä valaisimesta saadaan ulos lukuisia eri värejä. Menetelmä on jonkin verran hintavampi, kuin tavallinen ledivalaisin. RGB-heittimiä käytetään yleisesti julkisivujen valaistukseen. Kuvassa 6 on esimerkki sinisen ledin spektristä. (8, s. 5.)




Kuva 6. Esimerkkikuva siniseen valoon pohjautuvan ledin spektristä (8).

## 3.3 Yleisimpiä käyttökohteita

### Turvavalaistus

Lähes kaikki uudet rakennus- sekä saneerauskohteet toteutetaan turvavalaistuksen osalta LED-valaisimilla (lähde sähkötukkuliikkeet ja sähköasennusliikkeet). Turvavalaisimissa LED-tekniikkaa on käytetty isommassa mittakaavassa jo 2000-luvun alkupuolelta alkaen. Ledien käyttöikä soveltuu hyvin turvavalaistukseen ja näin ollen valaisimien huoltoväli saadaan pidemmäksi. Ledin tarvitsema teho valovirtaan nähden on myös hyvä, joten turvavalaistuksen vaatima akusto ei joudu niin kovalle rasitukselle perinteisiin turvavalaistusratkaisuihin verrattuna. Ensimmäisten lediturvavalaisimien kanssa oli ongelmia kestoiän kanssa, mutta nykyisin valaisimet ovat kehittyneet paremmiksi. Valmistajakohtaisia eroja on paljon. Kuvassa 7 esimerkkikuva Teknoware OPAS 6 led-poistumistievalaisimista E-sähkö Oy:n toimistolta.

Kuva 7. Teknoware OPAS 6, poistumistievalaisimet käytännössä.

## Sisävalaistus

Ledien käyttö sisävalaistuksessa lisääntyy koko ajan. Nykyisin suuri osa sisävalaistuksesta toteutetaan ledein. Ledit soveltuvatkin hyvin sisätilojen yleisvalaistukseen, kohdevalaistukseen, työpistevalaistukseen ja muihin sisätilojen valaistustarpeisiin. Erilaisilla ledivalaisimilla saadaan toteutettua hyvä sisävalaistus lähes kohteeseen kuin kohteeseen.

Kuvassa 8 on esitetty esimerkki toimistohuoneen valaistuksesta Fagerhult-merkkisillä led-valaisimilla. Kuvan 8 ikkunanpuoleisissa Fagerhult Combilume valaisimissa on sisäänrakennettu läsnäolo/vakiovalo-ominaisuus ja lisäksi narukytkin himmentämistä varten. Näin ollen työpistevalaistuksen energiatehokkuus on hyvä.

Kuva 8. Toimistohuoneen led-valaistus E-sähkö Oy:n toimistolla.

## Ulkovalaistus

Led-valaistus soveltuu hyvin ulkovalaistukseen Suomessa. Lämpimämmissä maissa pitää ottaa huomioon ulkotilojen lämpötila valaisinta valittaessa. Jos valaistukseen valitaan led, jäähdytyksen tulee olla kunnossa. Led-valaisimia on alettu käyttämään runsain mitoin pihapiirivalaistuksessa sekä katu- ja tievalaistuksessa. Energiansäästöpotentiaali on suuri ulkovalaistuksessa. Pikkuhiljaa vanhat energiatehottomat valaisimet korvataan jollain muilla valonlähteillä. Yleisimmin vanhat valaisimet korvataan led-tekniikalla.

Kuva 9. Ulkovalaistusta Fagerhult Streetsaver-valaisimilla.

Kuvassa 9 on piha-alueen valaistusta Mannerheimintie 160:ssa. Valaisimet ovat Fagerhultin Streetsaver-mallia.

Korvaavat led-lamput

Led-valaisimien rinnalle on myös alkanut tulemaan runsaasti korvaavia led-lamppuja vanhojen lamppujen tilalle. Useasti ne ovatkin huomattavasti energiatehokkaampia kuin perinteiset lamput, ja kestoiältään ne ovat huomattavasti parempia kuin alkuperäiset. Korvaavissa led-lampuissa on suuri ero valmistajien välillä ja loistehon määrä voi tulla yllätyksenä, varsinkin pienemmissä korvaavissa led-lampuissa. Korvaavia led-lamppuja löytyy jo todella moneen valaisimeen, esimerkiksi loisteputkien, pienloisteputkien, hehkulamppujen ja elohopealamppujen korvaamiseen led-lampuilla. Kuvassa 10 on esitetty Osramin korvaavien led-lamppujen valikoimaa.


Kuva 10. Osram korvauslamppuja (10).

# 4 KNX-järjestelmä ja LED-valaistus ABB Oy konetehdas, 2.krs B–D

## 4.1 Esimerkkikohde

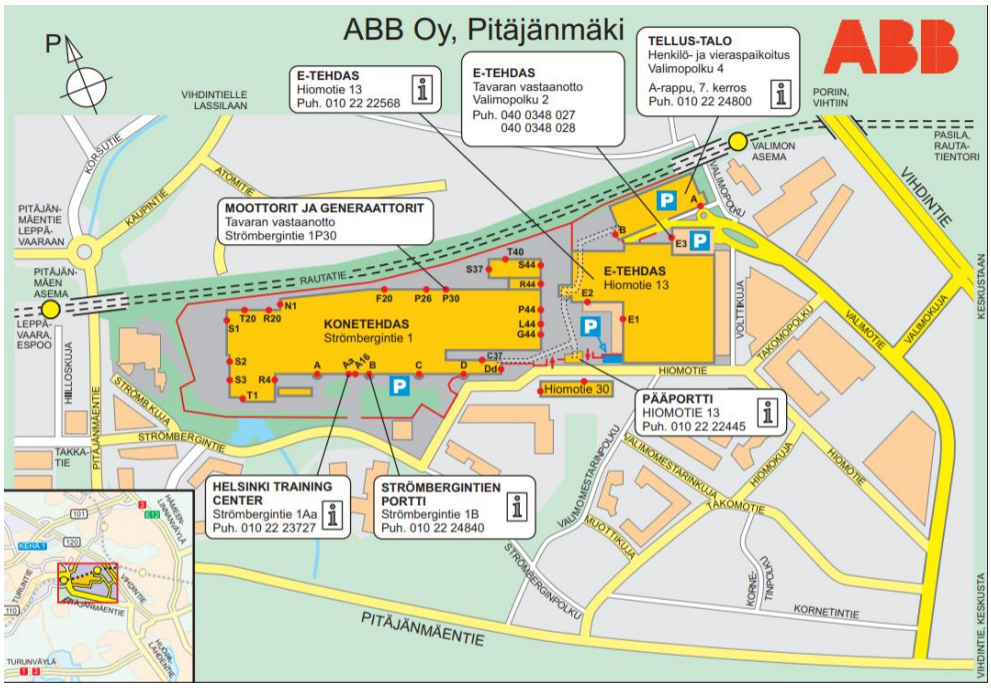
ABB:n Pitäjänmäen kiinteistöjen historia ulottuu 1900-luvun alkupuolelle, jolloin alueella toimi Oy Strömberg Ab. Vuosien saatossa alue on laajentunut nykyisiin mittasuhteisiinsa, ja erinäisten yrityskauppojen päätteeksi tiloissa toimii kansainvälisillä markkinoilla toimiva ABB Oy.

ABB Oy:n Pitäjänmäen rakennuksien tehdasalueita, yleisiä tiloja ja toimistotiloja on viime vuosien varrella saneerattu laajoin mitoin. Saneerauksien yhteydessä on käytetty yleisesti LED-valaistusta ja valaistuksen ohjaukseen KNX-järjestelmiä. Valaisimien värilämpötilana saneeratuissa tiloissa on käytetty 4000 kelviniä. Valaisimet ovat kohteessa pääosin DALI (Digital Addressable Lightning Interface)-ohjattuja.

Insinöörityössä käydään läpi ABB Oy:n konetehtaan toimistotiloihin kuuluvan toisen kerroksen porrasvälin B–D yleisvalaisimet, KNX-laitteet ja ohjaukset. Laskennallisessa osiossa perehdytään valaisimien tuottamaan valaistusvoimakkuuteen ja niiden tarvitsemaan energiamäärään, verraten vanhaan valaistukseen. Luvussa 6, Energiatehokkuus käydään läpi energiansäästö vanhaan valaistukseen verrattuna ja järjestelmien takaisinmaksuaika.

Työalueen laajuus oli noin 2300 m$^2$. Kohteen saneeraus KNX-ohjelmointeineen valmistui tammikuussa 2018.

Kuvassa 11 on esitetty ABB:n Pitäjänmäen kartta.




Kuva 11. ABB Oy, Pitäjänmäki.

## 4.2 Yleisvalaisimet

### Korkeat tilat

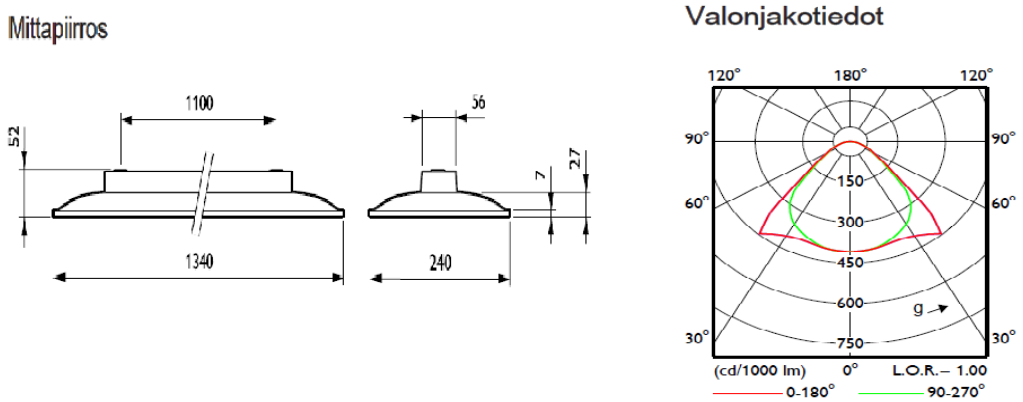
Kohteessa on korkeaa avotoimistotilaa noin 885 m$^2$. Korkeissa tiloissa valaisimien asennuskorko on 4,1 m ja kattokorkeus 6 m. Korkeiden tilojen valaisimina on käytetty 246 kpl Philips Lightning SM480C W24L134 1xLED35S/840 ACC-MLO DALI -valaisimia. Liitteessä 1, on esitetty valaisimen tarkemmat tiedot.

Korkeiden tilojen valaisimien yhteenlaskettu kokonaisottoteho on ilman säätöä 7380 W, neliötä kohden tehotiheys on noin 8,35 W/m$^2$. Taulukossa 2 on esitetty valaisimen perustietoja.

Taulukko 2. Valaisimen perustiedot.

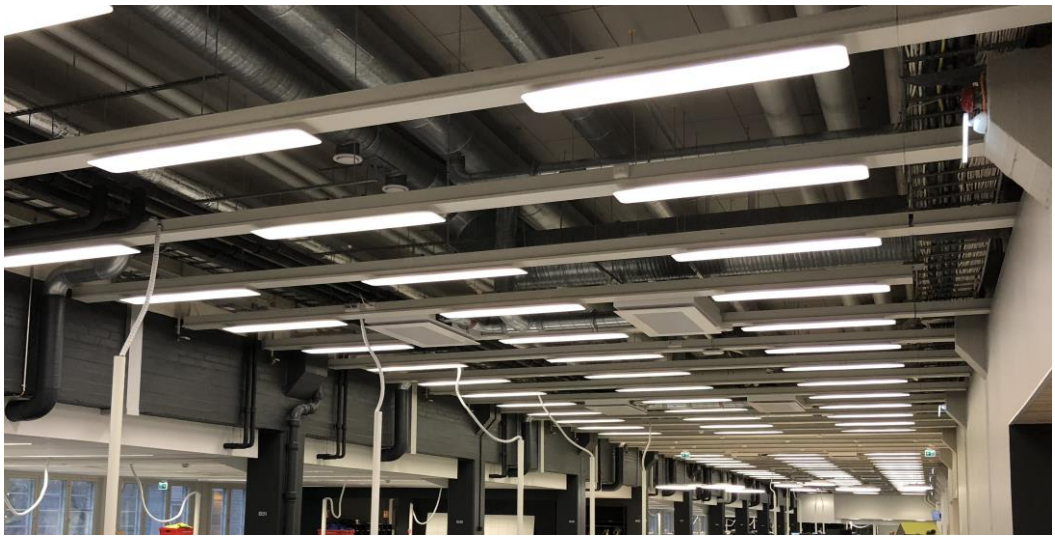
| | | | |
|---|---|---|---|
| Teho | 30 W | IP-luokka | 40 |
| Valovirta | 3500 lm | Asennustapa | Pinta |
| lm/W | 117 lm/w | Ohjaus | DALI |
| Ra | ≥80 | Paino | 4,5 kg |
| L70B50 | 70000 h | Takuu | 5 vuotta |

Kuvassa 12 on esitetty valaisimen mittapiirros ja valonjakokäyrä.




Kuva 12. Valaisimen mittapiirros ja valonjakokäyrä (14).

Kuvassa 13 on esitetty valaisimet toiminnassa korkeassa tilassa.



Kuva 13. Valaisimet toiminnassa korkeassa tilassa.

Matalat tilat

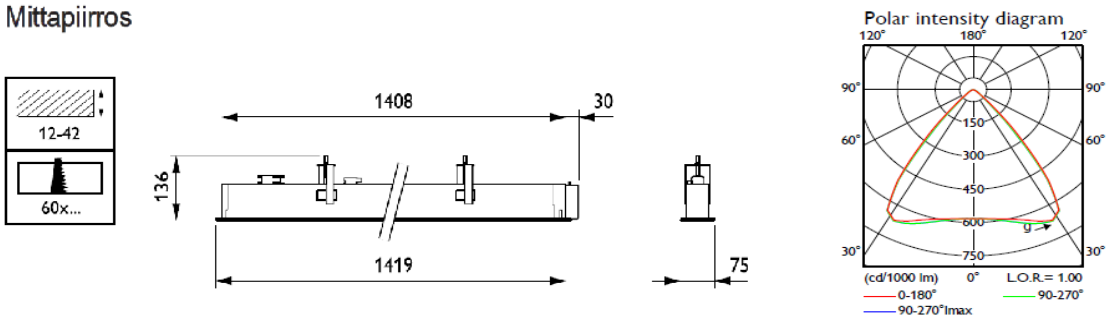
Kohteessa on matalaa avokonttoritilaa noin 850 m$^2$. Valaisimina matalissa tiloissa on käytetty uppoasennettavaa Philips Lightning Trueline RC530B LED31S/LED21S/840 PSD VPC PI5 L -valaisimia. Valaisimien asennuskorko on 2,4 m. Valaisimia yhdistelemällä on rakennettu 1200–7000 mm pitkiä valaisinramppeja. Liitteessä 2, on esitetty LED25S -valaisimen tarkemmat tiedot.

Matalien tilojen valaisimien yhteenlaskettu kokonaisottoteho on ilman säätöä 4681 W, neliötä kohti tehotiheys on noin 5,50 W/m$^2$. Valaisimien perustiedot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Matalien tilojen valaisimien perustiedot.

| | 25S / 31S | | 25S / 31S |
|---|---|---|---|
| Teho | 17,5 / 21,5 W | IP-luokka | 20 |
| Valovirta | 2500 / 3100 lm | Asennustapa | Uppo |
| lm/W | 143 / 144 lm/w | Ohjaus | DALI |
| Ra | ≥80 | Paino | 2,5 / 3,0 kg |
| L70B50 | 70000 h | Takuu | 5 vuotta |

Kuvassa 14 on esitetty valaisimien mittapiirrokset ja valonjakokäyrät 31S -valaisimelle. Valonjakokäyrä on valaisimessa 25S samanlainen, koko on muuten sama kuin 31S:ssä, mutta valaisimen pituus on 1130 mm.




Kuva 14. Valaisimen mittapiirros ja valonjakokäyrä (14).

Kuvassa 15 nähdään valaisimet toiminnassa muuttovaiheessa. Kuvassa on käynnissä valaistusvoimakuuksien mittaukset. Lopulliset valaistusvoimakuuksien mittaukset ja säädöt on suoritettu ilta-aikana, jolloin päivänvalo ei vaikuta mittaustuloksiin ja säätöihin.


Kuva 15. Valaisimet käytännössä.

## Neuvottelutilat

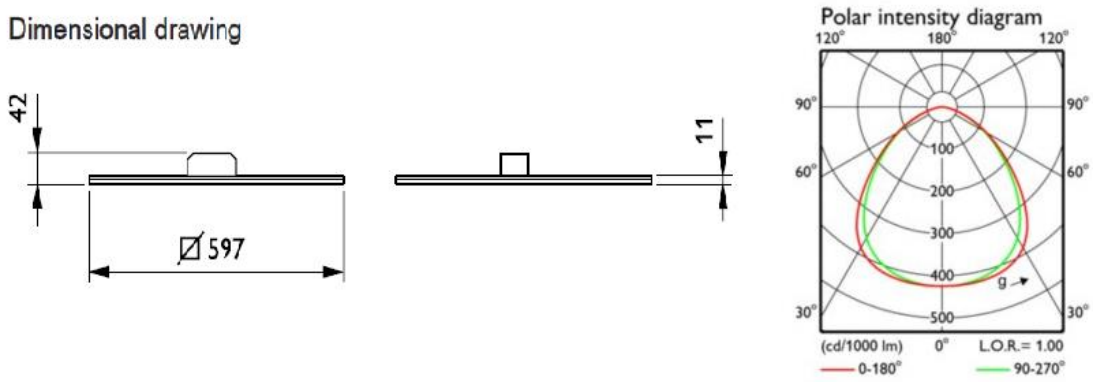
Kohteessa on useita erikokoisia hiljaisia huoneita/neuvottelutiloja. Neuvottelutiloja on yhteensä noin 200 $m^2$. Neuvottelutilojen valaisimina on käytetty Philips Lightning CoreLine RC127V LED34S/840 PSD W60L60 OC -valaisimia. Valaisimien teho 41 W. Valaisimet on upotettu alakattoon. Valaisimien asennuskorkeus on neuvottelutiloissa 2,4 m. Liitteessä 3, on esitetty valaisimen tarkemmat tiedot.

Neuvottelutilojen valaisimien perustiedot selviävät taulukosta 4. Valaisimien perustakuuaika on kolme vuotta ja rekisteröimällä valaisin saadaan takuuaika laajennettua viiteen vuoteen.

Taulukko 4. Neuvottelutilojen valaisimien perustiedot.

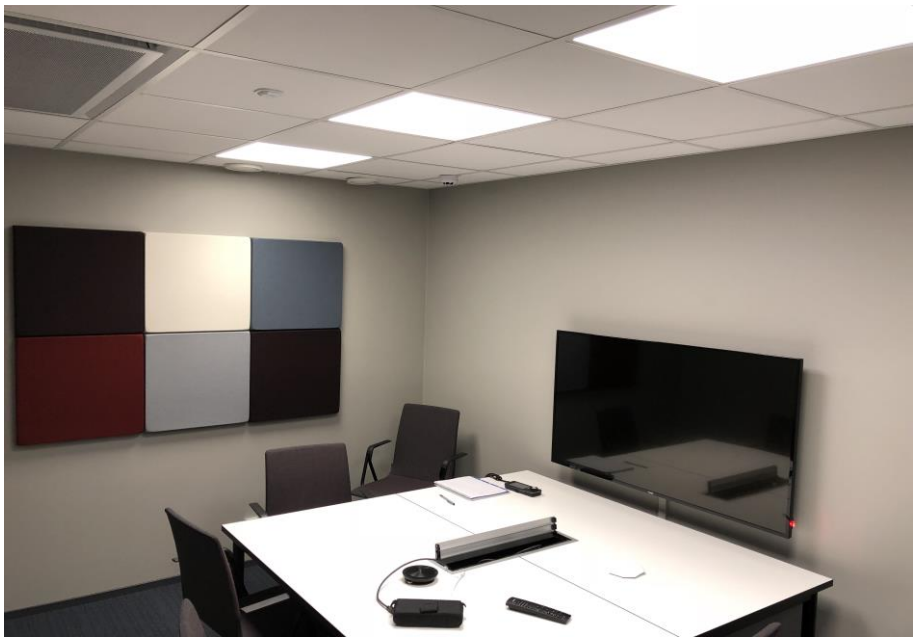
| | | | |
|---|---|---|---|
| Teho | 41 W | IP-luokka | 20 |
| Valovirta | 3400 lm | Asennustapa | Uppo |
| lm/W | 83 lm/w | Ohjaus | DALI |
| Ra | ≥80 | Paino | 4,1 kg |
| L70B50 | 50000 h | Takuu | 3 + 2 vuotta |

Kuvassa 16 on esitetty valaisimien mittapiirros ja valonjakokäyrä.




Kuva 16. Neuvottelutilojen valaisimien mittapiirros ja valonjakokäyrä (14).

Kuvassa 17 on esimerkki neuvottelutila valaisimineen.



Kuva 17. Neuvottelutila valaisimineen.

## 4.3 KNX-laitteet

Kohteen KNX-järjestelmässä on käytetty ABB Oy:n KNX-komponentteja. KNX on avoin standardi, joten siihen voi käyttää myös muiden valmistajien komponentteja. Ohessa käydään läpi kohteen KNX-laitteistot ja niiden toimintaperiaatteet.

KNX-komponenttien välisessä kaapeloinnissa on käytetty automaatiokaapeli KNX - J-H(ST)H 2x2x0,8 FRNC GN -kaapelia.

Tunnistimet

Kohteen avotiloissa on käytetty vakiovalo- ja läsnäolotunnistin 360 premium 6131/31-24-500-mallia. Tunnistimen valvonta-alue on 360 astetta ja alueen halkaisija 2,5 m:n korkeuteen asennettuna 10 metriä. Tunnistin havaitsee liikkeen ja kytkee valot päälle. Tunnistimessa on myös vakiovalo-ominaisuus ja se osaa säädellä valaistusvoimakkuutta tarpeen mukaan. Ulkoa tuleva valo muuttaa valaistuksen tarvetta. Kohteessa tunnistimien asennuskorkeus vaihtelee 2,4–4,1 m. Tunnistimet on asennettu keskimäärin 8 m:n välein. Liitteessä 4, on esitetty tunnistimen tarkemmat tiedot.

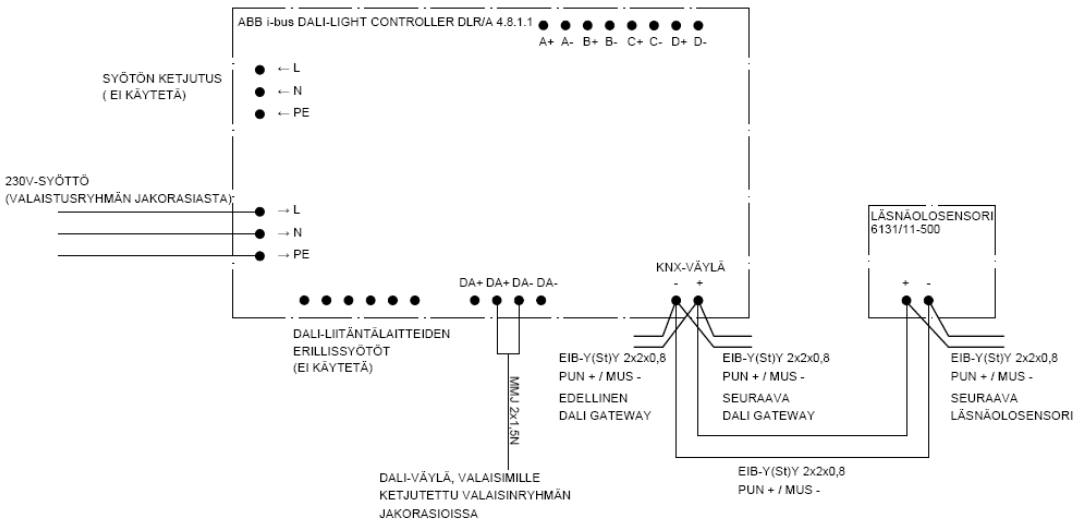
Kohteen neuvottelutiloissa on käytetty läsnäolotunnistimina 360 MINI 6131/20-24-500 / ABB -mallia. Tunnistimen valvonta-alue on 360 astetta ja alueen halkaisija 2,5 m korkeuteen asennettuna 6,5 m. Tunnistin havaitsee liikkeen ja kytkee valot päälle. Tunnistimessa on myös valoisuuteen perustuva päällekytkeminen. Neuvottelutiloihin ei tule juurikaan luonnon valoa, joten vakiovalo ominaisuudesta ei ole hyötyä. Neuvottelutilojen tunnistimet on asennettu 2,4 m:n korkeuteen. Liitteessä 5, on esitetty tunnistimen tarkemmat tiedot.

Molemmat tunnistimet ovat ulkomuodoltaan lähes identtisiä (kuva 18).

Kuva 18. Tunnistimien kuva.

Väylämuunnin KNX/DALI

Kohteen valaisimet on DALI-ohjattuja. Tästä johtuen jokaista valaisinryhmää kohden on käytetty KNX/DALI -väylämuunninta. Muunnintyyppinä on käytetty ABB Oy:n DALI-LIGHT CONTROLLER DLR/A4.8.1.1 -mallia. Kuvassa 19 on kytkentäperiaatekaavio, jonka mukaisesti väylämuuntimet on kytketty.




Kuva 19. DALI gateway, kytkentäperiaatekaavio.

Väylämuunnin muuttaa KNX-väylän DALI-väyläksi. KNX-väylä ei osaa suoraan ohjata DALI-valaisimia ilman erillistä DALI-väyläohjainta. DALI-väylä taas yksinään ei olisi toiminnallisesti järkevä näin laajassa ympäristössä. Yhdessä KNX- ja DALI-järjestelmät luovat vakaasti toimivan valaistuksenohjausjärjestelmän jota saadaan ohjattua KNX-ohjelmistolla. Väylämuuntimeen kytketään myös tunnistimet, joiden kautta tulee käsky sytyttää ja sammuttaa valaisimet.

Tilanohjauspainikkeet

Kohteen tilanohjauspainikkeina on käytetty ABB Oy:n mallia 6127/01-84-500 (kuvassa 20.). Tilanohjauspainikkeita on asennettu neuvotteluhuoneisiin valaistustason säätöä varten. Painikkeilla saadaan valaistusvoimakkuutta säädettyä asetetusta maksimiarvosta kymmeneen prosenttiin.

Kuva 20. KNX-painike

KNX-keskuslaitteet

Kohteen ryhmäkeskuksissa on käytetty seuraavia ABB Oy:n KNX-laitteita:

- KNX virtalähde 640 mA, ABB SV/S30.640.5. Antaa virran KNX-järjestelmään.
- KNX USB-gateway, ABB USB/S1.1. Käytetään tietokoneen liittämiseen KNX-väylään ohjelmointia ja monitorointia varten.
- 8-kanavainen kellokytkin, ABB FW/S8.2.1. Käytetään päivä-, viikko- ja vuosikellokytkimenä. Voidaan pakottaa valaisimet päälle/pois.
- DALI gateway, ABB DG/S1.16.1. KNX→DALI-väylämuunnin. Käytetään KNX-linjan muuttamiseksi DALI-linjaksi.
- Virtalähde, ABB CP-D24/2.5. Käytetään kyseisessä kokoonpanossa syöttämään virtaa mm. KNX/IP-muuntimille.
- KNX IP-router, ABB IPR/S2.1. Käytetään muuntamaan KNX-väylän tiedonsiirto LAN-verkkoon sopivaksi.
- LAN-kytkin, ABB ISM/S5.1. Käytetään KNX-järjestelmän kytkemiseen LAN-verkkoon.

Laitteiden väliset kytkennät selviävät liitteestä 6. Kuvasta 21 nähdään ryhmäkeskusten sisäiset asennukset.

Kuva 21. Ryhmäkeskuksen sisäiset KNX-laitteet.

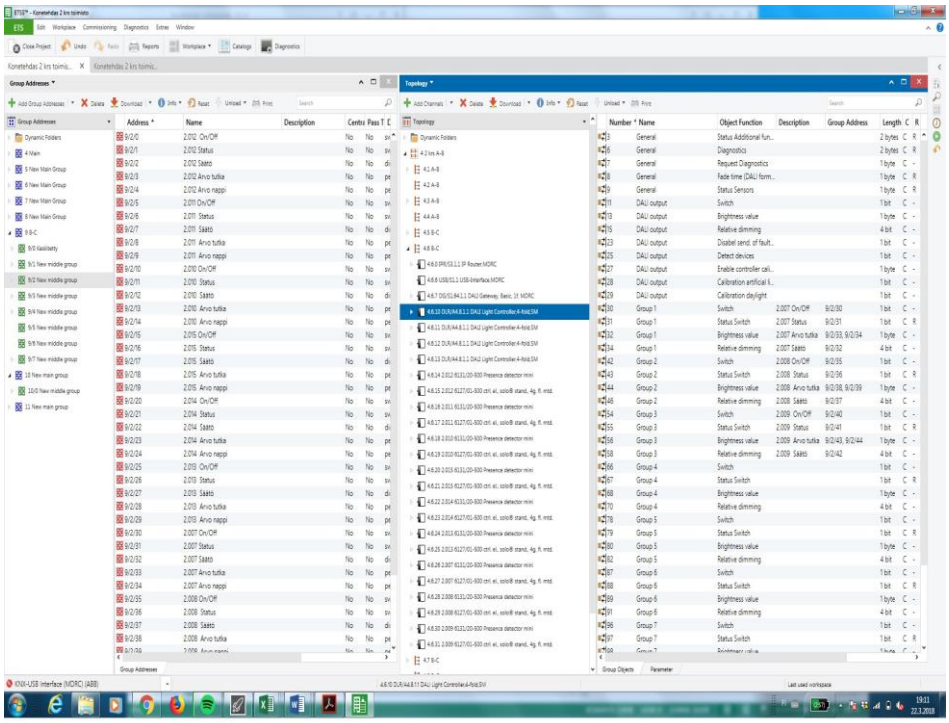
# 5 Ohjelmoinnit, mittaukset ja laskennalliset arvot

## 5.1 Ohjelmointi- ja mittauslaitteet

Kohteen KNX-ohjelmoinnit ja valaistustasonsäädöt on pääosin suorittanut LJM Sähkö Oy:n Jukka Mäkinen yhteistyössä E-sähkö Oy:n kanssa. Mittaukset ja ohjelmoinnit on tehty ilta-aikaan, jolloin päivänvalo ei vaikuta tuloksiin.

ABB Oy:n ohjeistus urakka-alueelle on, että työpisteillä valaistusvoimakkuus on noin 500 luksia. Kohteen sähkösuunnittelusta on vastannut Granlund Oy:n Marko Rajanen. ABB:n ohjeistuksella valaisimet on ylimitoitettu, jotta 500 luksia saadaan ohjelmoinnilla toteutettua helposti. Valaisimien valaistusvoimakkuustasoja laskemalla säästetään valaisimien toiminta-aikaa. Liitäntälaitteet ja LED-yksiköt eivät joudu niin kovaan rasitukseen, kun valaisimia on himmennetty.

Ohjelmointityökaluna kohteessa on käytetty PC-tietokoneeseen asennettua ETS 5.5.4 -versiota (kuva 22).



Kuva 22. ETS-ohjelmisto.

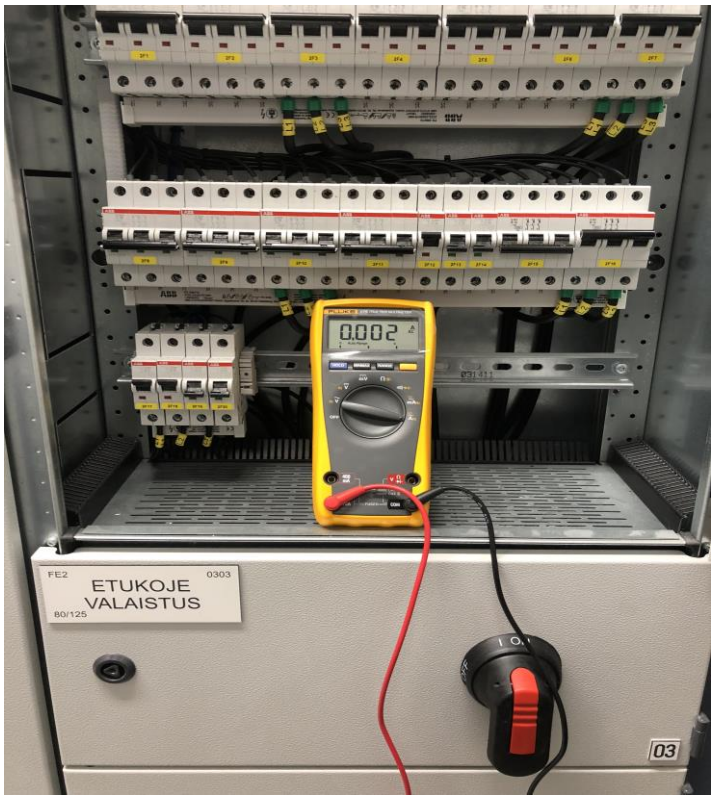
Valaisimet on ohjelmoitu ETS-ohjelmiston prosentuaalisiin arvoihin. Ohjelmiston antamat prosentuaaliset arvot eivät ole suoraan verrannollisia valovirtaan eivätkä sähkövirtaan. Tarkemmat ohjelmointien vaikutukset arvoihin selviää matalan ja korkean tilan virtamittaustuloksista. Taulukoiden ja tekstin prosentuaaliset arvot ovat ETS-ohjelmiston arvoja.

Mittalaitteina valaistusvoimakkuuksien mittaamiseen on käytetty E-sähkö Oy:n Konica Minolta CL-70F -valaistusmittaria sekä ABB Oy:n vanhempaa Gossen MAVOLUX Digital -valaistusmittaria. Erot lx-mittauksissa selittynevät tekniikan iällä. Uudempi Konica Minolta CL-70F-mittari osaa lukea tarkemmin LED-valaistuksen arvot kuin vanhempi Gossen-mittalaite. Konica Minoltan mittari on myös kalibroitu viime syksynä, Gossenin kalibrointiajankohdasta ei ole tarkkaa tietoa. Kuvassa 23 mittarit ovat toiminnassa. Liitteessä 7, on mittarin tarkemmat tiedot.


Kuva 23. Mittarit mittaamassa valaistusvoimakkuutta.

Valaistusvoimakkuusmittaukset on tehty oletetun heikoimman työpisteen luota, jonka jälkeen satunnaisia työpisteitä on mitattu muitakin. Tällä on varmistettu valaistusvoimakkuuden riittävyys kaikilla työpisteillä.

Virtamittaukset on suoritettu matalan ja korkean tilan valaisimista. Virtamittaukset on suoritettu 1-vaiheisena, yhdeltä alueelta, josta selviää kyseisen alueen valaisimien säädön vaikutus virtaan ja valaistusvoimakkuuteen. Mittalaitteina virtamittauksissa on käytetty FLUKE 175 -yleismittaria (kuva 24) ja CL-70F -valaistusmittaria.




Kuva 24. Virtamittaukset alkamassa.

## 5.2 Valaistusvoimakkuuksien ohjelmoinnit ja vaikutus virtaan

### Neuvottelutilat

Neuvottelutilojen valaistuksen päälle/pois -toiminnon suorittaa läsnäolotunnistin. Neuvottelutiloihin on määritelty vähintään 500 luksin valaistusvoimakkuustaso neuvottelupöydälle. Se saavutettiin ohjelmoimalla valaisimet 90 %:iin maksimistaan. Tilaan tullessa valaisimet syttyvät 90 %:in voimakkuuteen ja niitä saadaan himmennettyä KNX-painikkeella 90–10 % välillä. Neuvottelutilojen valaisimien asennuskorkeus on 2,4 m. Taulukossa 5 on esitetty valaistuksen mitatut arvot neuvottelupöydän päältä (noin 80 cm lattiasta).

Taulukko 5. Mitatut valaistusvoimakuudet neuvotteluhuoneessa.

| | Mittalaite, CL-70F | Mittalaite, MAVOLUX |
|---|---|---|
| ETS-ohjelmiston % arvo | E/lx | E/lx |
| Valaisimet ohjelmoitu 100 % | 1325 | 1078 |
| Valaisimet ohjelmoitu 90 % | 602 | 550 |

Valaistusvoimakkuusarvot on jätetty neuvottelutiloissa hieman yläkanttiin, jolloin valaisimien luontaisesta valovirranalenemasta johtuva valovoiman lasku ei tiputa arvoja liikaa.

Matalat tilat

Avokonttorialueen valaistusvoimakuudeksi on määritelty noin 500 luksia. Matalien tilojen valaisimet kytkee päälle ja pois KNX-järjestelmään kytketty läsnäolo/vakiovalotunnistin. Tilaan tulee myös päiväaikaan runsaasti päivänvaloa. Valaisimet on ohjelmoitu siten, että asetettu noin 500 luksin arvo säilyy koko ajan. Läsnäolo/vakiovalotunnistimen kanssa energiatehokkuus alueella on hyvä. Mittaukset on suoritettu ilta-aikaan, jolloin ulkoa tuleva valo ei vaikuta mittaustuloksiin. Matalien tilojen valaisimien asennuskorkeus on 2,4 m. Taulukossa 6 esitetyt arvot ovat pöydän päältä mitattuja arvoja (noin 80 cm korkeudelta).

Taulukko 6. Mitatut valaistusvoimakuudet matalalla osiolla.

| | Mittalaite, CL-70F | Mittalaite, MAVOLUX |
|---|---|---|
| ETS-ohjelmiston % arvo | E/lx | E/lx |
| Valaisimet ohjelmoitu 100 % | 998 | 1200 |
| Valaisimet ohjelmoitu 88 % | 567 | 588 |
| Valaisimet ohjelmoitu 86 % | 504 | 520 |

Matalien tilojen valaisimet on ohjelmoitu 86 %:iin maksimistaan. Tällä tasolla valaisimet tuottavat noin 500 luksin valaistusvoimakkuuden työskentelykorkeudelle. KNX-järjestelmä säätää valaisimien tuottamaa valovirtaa päivänvalon määrän mukaan.

Virtamittauksissa on huomioitu esimerkkinä 15 kpl Trueline 21S -valaisimen tuottamaa ryhmää. Keskukselta mitattaessa valaisimiin tuleva jännite oli mittaushetkellä 233,5 V. Virtamittaukset on suoritettu eri työpisteeltä kuin taulukon 6 mukaiset mittaukset. Taulukossa 7 on esitetty ETS-ohjelmiston prosentuaalisen luvun vaikutus jännitteeseen, virtaan, valaistusvoimakuuteen ja tehoon sekä valaistusvoimakuuden ja tehon jäljelle jäävä prosentuaalinen arvo.

Taulukko 7. Virtamittaukset.

| ETS % | Jännite/V | Virta/A | E/lx | Teho P/W | E % jäljellä | P % jäljellä |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 233,5 | 1,315 | 1360 | 307,05 | | |
| 95 | 233,5 | 1,05 | 998 | 245,18 | 73,38 % | 79,85 % |
| 90 | 233,5 | 0,894 | 718 | 208,75 | 52,79 % | 67,98 % |
| 88 | 233,5 | 0,801 | 620 | 187,03 | 45,59 % | 60,91 % |
| 86 | 233,5 | 0,755 | 547 | 176,29 | 40,22 % | 57,41 % |
| 84 | 233,5 | 0,716 | 480 | 167,19 | 35,29 % | 54,45 % |
| 82 | 233,5 | 0,681 | 420 | 159,01 | 30,88 % | 51,79 % |
| 80 | 233,5 | 0,643 | 355 | 150,14 | 26,10 % | 48,90 % |

Taulukosta 7 on havaittavissa, että 86 % ohjelmoituna valaisimien ottotehoa on jäljellä 57,41 prosenttia lähtötilanteeseen verrattuna. Valaistusvoimakkuutta mittauspisteessä on jäljellä tällöin 40,22 prosenttia lähtötilanteeseen nähden. Virtamittauksien perusteella valaisimia himmennettäessä valaisimien valotehokkuus lm/W laskee noin 30 % ohjelmoituna 86 prosenttiin. Tähän päädytään laskemalla ETS 100 % lx/W arvo ja lasketaan lx/W prosentuaalinen alenema ETS 86 % lx/W arvoon. Tämä johtunee siitä, että kyseisten valaisimien liitäntälaitteiden häviö kasvaa suhteessa suuremmaksi himmennettäessä. Valaisimet ovat aika pienitehoisia (15,5 W) ja niiden liitäntälaitteet on rakennettu kooltaan pieniksi.

Korkeat tilat

Avokonttorialueen valaistusvoimakuudeksi työpisteille on määritelty noin 500 luksia. Korkeiden tilojen valaisimet kytkee päälle ja pois läsnäolo/vakiovalotunnistin. Tilaan tulee myös valoisaan aikaan jonkin verran päivänvaloa. Valaisimet on ohjelmoitu siten, että asetettu noin 500 luksin arvo säilyy koko ajan. Läsnäolo/vakiovalotunnistimen kanssa energiatehokkuus alueella on hyvä. Mittaukset on suoritettu ilta aikaan, jolloin ulkoa tuleva valo ei vaikuta mittaustuloksiin. Korkeiden tilojen valaisimien asennuskorkeus on 4,1 m. Taulukossa 8 esitetyt arvot ovat pöydän päältä mitattuja arvoja (noin 80 cm).

Taulukko 8. Mitatut valaistusvoimakuudet korkealla osiolla.

| | Mittalaite, CL-70F | Mittalaite, MAVOLUX |
|---|---|---|
| | E/lx | E/lx |
| Valaisimet ohjelmoitu 100 % | 849 | 868 |
| Valaisimet ohjelmoitu 94 % | 604 | 631 |
| Valaisimet ohjelmoitu 93 % | 555 | 573 |
| Valaisimet ohjelmoitu 87 % | 368 | 392 |

Korkeiden tilojen valaisimet on ohjelmoitu ETS-ohjelmalla syttyvän maksimissaan 93 %:n tehokkuuteen, joka tuottaa työpisteille noin 500 luksin valaistusvoimakkuuden. KNX-järjestelmä säätää valaisimien tuottamaa valovirtaa päivänvalon määrän mukaan.

Virtamittauksissa on huomioitu esimerkkinä 18 kpl SM480C 35S -valaisimen tuottamaa ryhmää. Keskukselta mitattaessa valaisimiin tuleva jännite oli mittaushetkellä 233,5 V. Virtamittaukset on suoritettu eri työpisteeltä kuin taulukon 8 mukaiset mittaukset. Virtamittauksien aikana viereinen valaisinryhmä oli sammutettuna, joka osaltaan vaikuttaa valaistusvoimakkuusarvoihin hivenen. Taulukossa 9 on esitetty ETS-ohjelmiston prosentuaalisen luvun vaikutus jännitteeseen, virtaan, valaistusvoimakuuteen ja tehoon sekä valaistusvoimakuuden ja tehon jäljelle jäävä prosentuaalinen arvo.

Taulukko 9. Virtamittaukset korkealla osiolla.

| ETS % | Jännite/V | Virta/A | E/lx | Teho P/W | E % jäljellä | P % jäljellä |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 233,5 | 2,64 | 739 | 616,44 | | |
| 95 | 233,5 | 1,961 | 552 | 457,89 | 74,70 % | 74,28 % |
| 94 | 233,5 | 1,875 | 530 | 437,81 | 71,72 % | 71,02 % |
| 93 | 233,5 | 1,746 | 492 | 407,69 | 66,58 % | 66,14 % |
| 90 | 233,5 | 1,5 | 407 | 350,25 | 55,07 % | 56,82 % |
| 85 | 233,5 | 1,17 | 290 | 273,20 | 39,24 % | 44,32 % |
| 80 | 233,5 | 0,948 | 206 | 221,36 | 27,88 % | 35,91 % |

Taulukosta 9 on havaittavissa, että 93 %:iin ohjelmoituna valaisimien ottotehoa on jäljellä 66,14 prosenttia lähtötilanteeseen verrattuna. Valaistusvoimakkuutta mittauspisteessä on jäljellä tällöin 66,58 prosenttia lähtötilanteeseen nähden. Valaisimien tuottama valaistusvoimakkuus ja ottoteho kulkevat lähes käsi kädessä. Voidaan sanoa, että kyseiset

valaisimet soveltuvat energiatehokkuuden kannalta himmennykseen erinomaisesti. Korkeiden tilojen valaisimet ovat tehokkuudeltaan 30 wattia. Voidaan olettaa että kyseisissä valaisimissa liitäntälaitehäviöt eivät kasva himmennettäessä.

## 5.3 Tilojen laskennalliset valaistusvoimakkuudet

### 5.3.1 Laskentatavat

Laskennallisissa valaistusvoimakuuksissa on tutkittu eroja mittaustulosten ja laskennallisien arvojen välillä. Laskennoissa on otettu huomioon vain 100 %:iin säädettyjen valaisimien arvot.

Valaistusvoimakkuuksien laskennoissa on käytetty hyötysuhdemenetelmää (kaava 1), neliö- ja kosinilakia (kaava 2) ja DIALux-valaistuksenlaskentaohjelmaa. Hyötysuhdemenetelmällä laskiessa tulos antaa suuntaa antavan arvon tilan keskimääräisestä valaistusvoimakuudesta. Neliö- ja kosinilaki antaa tarkemman arvon haluttuun pisteeseen, joskin etäisyyksien ollessa pieniä, laskennalliset arvot neliö- ja kosinilailla eivät välttämättä kerro totuutta. Dialux-ohjelmisto laskee tilan valaistusvoimakkuuden valaisimen valonjakokäyrää hyväksi käyttäen, sekä ohjelmistoon syötettyjen huonekertoimien ja alenemakertoimen avulla. DIALux laskennoissa käytetyt huonekertoimet näkyvät laskentakuvista. Alenemakertoimena laskennoissa on käytetty 1, koska valaisimet ovat uusia. Laskennoissa käytetty DIALux-versio on 4.13 light. Dialux on hyvin suosittu valaistuksenlaskentaohjelmisto suunnittelijoiden keskuudessa.

$$E_k = \eta \, x \, \frac{N \, x \, \Phi}{A} \tag{1}$$

$E_k$ on huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]
N on huoneessa olevien valaisimien lukumäärä
Φ on yhden valaisimen valovirta [lm]
A on huoneen pinta-ala [$m^2$]
η on valaistushyötysuhde.

Tilojen valaistuksen kokonaishyötysuhteeseen vaikuttaa lamppujen, valaisimien ja huonepintojen likaantumiskerroin, lamppujen valovirran alenemakerroin, ympäristön lämpötilan aiheuttama valovirran alenemakerroin, valaisimen hyötysuhde ja huonehyötysuhde. Tilojen kokonaishyötysuhdekertoimeksi voidaan olettaa uusilla valaisimilla kohteessa

matalilla osilla 0,9 ja korkeilla osilla 0,8, vahoilla valaisimilla oletetaan huonekertoimiksi matalalla osiolla 0,6 ja korkealla osiolla 0,5. Vanhojen valaisimien kokonaishyötysuhteeseen vaikuttaa paljon valaisimien iästä johtuva valovirranalenema. Uusilla LED-valaisimilla valovirranalenema ei vaikuta, kuten ei myöskään valaisimen hyötysuhde.

Hyötysuhdemenetelmällä arvoja on verrattu myös tilojen entiseen valaistukseen, pois lukien neuvottelutilat, joita ei ennen tilojen saneerausta ollut. Neliö- ja kosinilaki laskelmissa (kaava 2) on laskettu vain uuden valaistuksen arvoja ja verrattu niitä mittaustuloksiin.

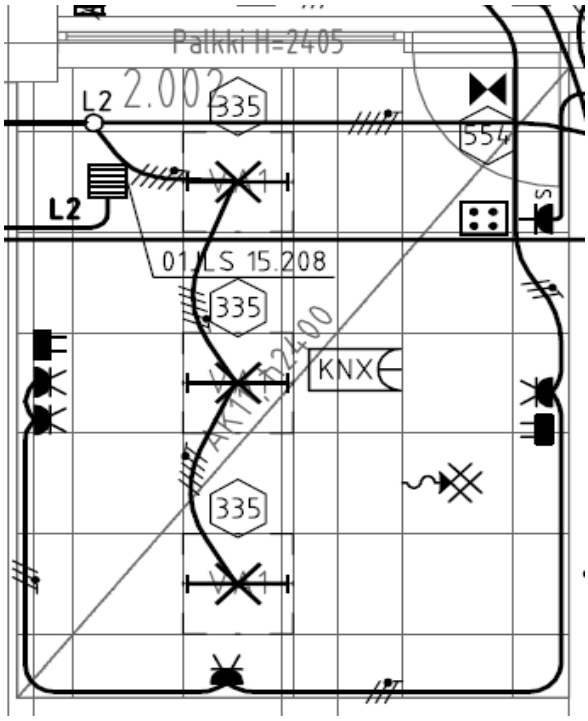
$$E = \frac{\mathrm{I} \times \cos\ \alpha}{r^2} \times \mathrm{sr} \qquad (2)$$

E on valaistusvoimakkuus tietyssä pisteessä [lx]
I on valaisimen valovoima pisteen suuntaan [cd]
α on valon tulosuunnan ja pinnan normaalin välinen kulma
r on valaisimen etäisyys pisteestä [m]
sr on steradiaan.

Neliö- ja kosinilailla laskiessa täytyy lähtötietona olla valonjakokäyrät. Valaisimien valonjakokäyrät on esitetty luvussa 4.2. Valonjakokäyristä saadaan valovoima I laskettua haluttuun suuntaan.

### 5.3.2 Neuvottelutilat

Neuvottelutilojen laskennallisissa arvoissa on käytetty esimerkkinä 3,8 m x 2,9 m = 11 $m^2$ kokoista neuvottelutilaa (kuva 25). Neuvottelutilaan on asennettu laskettuun alakattoon 3 kpl Philips Lightning CoreLine RC127V LED34S/840 PSD W60L60 OC -valaisimia. Valaisimien asennuskorkeus on 2,4 m lattiasta, laskentapiste on 0,8 m lattiasta neuvottelupöydällä. Valaisimen perustiedot ja valonjakokäyrä selviävät kohdasta 4.2. Tilan valaisimet eivät ole aivan keskellä tilaa. Neuvottelupöytä sijaitsee kohdistettuna vasempaan reunaan ja tilan oikeapuoli on kulkuväylä.




Kuva 25. Esimerkkineuvottelutila.

Hyötysuhdemenetelmä

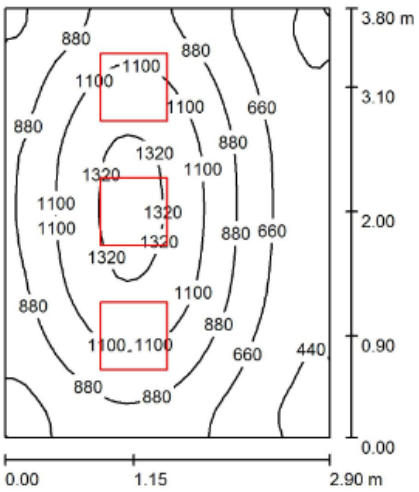
Hyötysuhdemenetelmällä laskien huoneen keskimääräiseksi valaistusvoimakuudeksi saadaan 100 % teholla kaavaa 1 käyttäen

$E_k = 0{,}9 \times ((3400\ lm \times 3) / 11\ m^2) = 834\ [lx]$.

Mitattu tulos valaisimen alapuolelta oli 1350 luksia ja huoneen reunoilla noin 800 luksia, joten laskennallinen tulos ei ole sama kuin mitattu.

DIALux

DIALux-ohjelmistolla laskien tulokset näyttävät hyvin samanlaisilta kuin mitatessa. Kuvassa 26 on esitetty DIALux-ohjelman antamat valaistusvoimakkuudet esimerkkineuvotteluhuoneesta.




Tilan korkeus: 2.400 m, Asennuskorkeus: 2.443 m, Huoltokerroin: 1.00 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:49

| Pinta | ρ [%] | $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min}$ / $E_m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Käyttötaso | / | 880 | 340 | 1392 | 0.386 |
| Lattia | 20 | 700 | 396 | 919 | 0.566 |
| Katto | 80 | 243 | 165 | 310 | 0.680 |
| Seinät (4) | 70 | 420 | 179 | 972 | / |

| **Käyttötaso:** | | **UGR** | Pitkittäin- | Poikittain | Valaisimen keskivilvaan |
|---|---|---|---|---|---|
| Korkeus: | 0.800 m | Vasen seinä | 17 | 17 | |
| Rasteri: | 32 x 32 Pisteet | Alempi seinä | 17 | 17 | |
| Reuna-alue: | 0.000 m | (CIE, SHR = 0.25.) | | | |

Kuva 26. DIALux, neuvottelutila.

## Pistemenetelmä

Neuvottelutilojen mittaustulokset on saatu neuvottelupöydältä keskimmäisen valaisimen kohdalta. Tulokseen vaikuttaa kaikkien kolmen valaisimen antama valovoima. Valovoimat tulevat mittauspisteeseen 0° ja 2 x 20° kulmassa. Kulmien valovoiman arvoiksi I saadaan valonjakokäyrän mukaisesti

0° asteessa 430 cd / 1000 lm x 3600 lm = 1548 cd ja

20° asteessa 415 cd / 1000 lm x 3600 lm = 1494 cd.

Valon tullessa noin kahdenkymmenen asteen kulmassa etäisyydeksi mittauspisteeseen saadaan trigonometrisen funktion avulla 1,6 m / cos(20°) = 1,7 m.

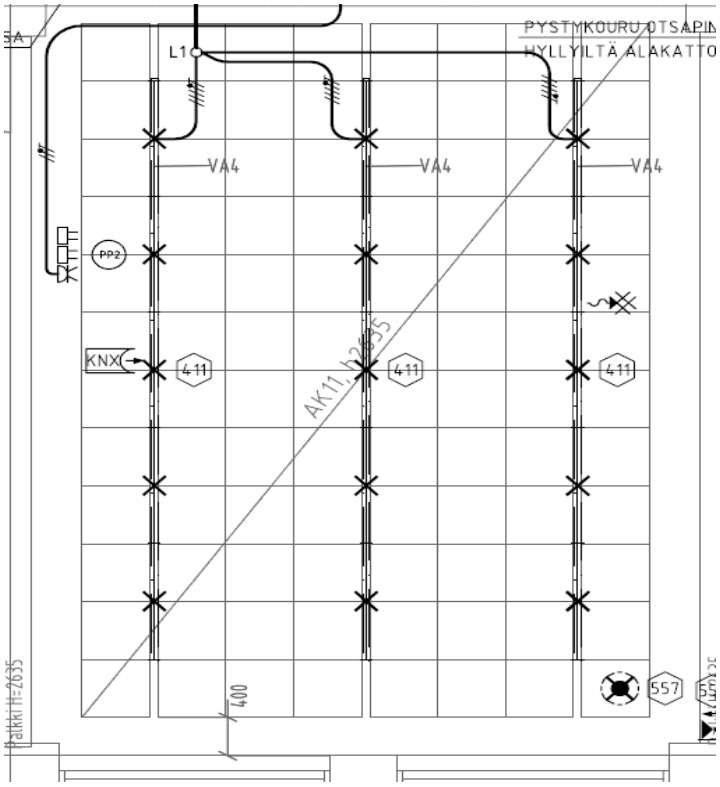
Pistemenetelmällä laskien saadaan 100 % teholla kaavaa 2 käyttäen pisteen valaistusvoimakuudeksi

$E = (1548\ cd / 1{,}6m^2) + 2 \times (1494\ cd * \cos(20) / 1{,}7^{2m}) = 1\ 576\ [lx]$.

Mitattuun arvoon nähden tulos on noin 200 luksia suurempi. Etäisyyksien ollessa pieniä, pistemenetelmä ei ole paras mahdollinen laskentatapa.

### 5.3.3 Matala tila

Esimerkkinä matalan tilan valaistusvoimakuuden laskennassa on käytetty 6 m * 8m = 48 $m^2$ aluetta (kuvassa 27). Matalan tilan valaisimina on käytetty Philips Lightning Trueline RC530B LED31S/LED21S/840 PSD VPC PI5 L -valaisimia. Valaisimien asennuskorkeus on 2,4 m lattiasta, laskentapiste on 0,8 m lattiasta työpöydällä. Esimerkkikohdassa positio 411 koostuu 5 kpl 1130 mm pitkistä Trueline -valaisimista muodostaen 4800 mm pitkän yhtenäisen rampin. Valaisimen perustiedot ja valonjakokäyrä selviävät kohdasta 4.2.




Kuva 27. Matalantilan malli.

Hyötysuhdemenetelmä

Hyötysuhdemenetelmällä laskien tilan keskimääräiseksi valaistusvoimakuudeksi saadaan uusilla valaisimilla 100 %:n teholla kaavaa 1 käyttäen

$E_k = 0{,}9 \times ((2500\ lm \times 5 \times 3) / 48\ m^2) = 703\ [lx]$.

Mitattu tulos oletetussa heikoimmassa työpisteessä oli 998 luksia. Hyötysuhdemenetelmällä laskennalliset tulokset eivät anna oikeaa arvoa.

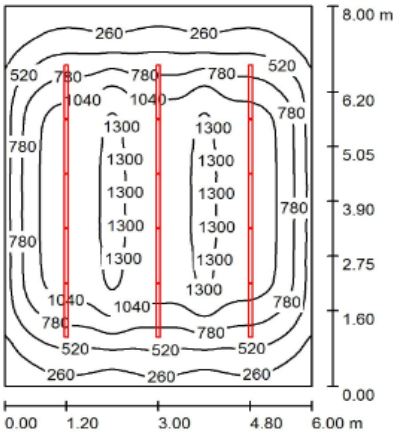
Vanhoina valaisimina tilassa oli 9 kpl 2 x 58 W:n loisteputkivalaisinta. Yksi 4000 kelvinin 58 W:n loisteputki tuottaa valovoimaa 5200 luumenia. Keskimääräinen laskennallinen valaistusvoimakkuus tilassa vanhoilla valaisimilla oli seuraava

$E_k = 0{,}6 * (18 \times 5200\ lm / 48{,}75\ m^2) = 1152\ [lx]$.

Mittauksia ei ehditty suorittaa ennen purkutöitä. Vanhoissa valaisimissa ei ollut lainkaan säätöä, joten valaistusvoimakkuus oli jopa liian suuri tilaan nähden.

DIALux

DIALux-ohjelmistolla laskien tulokset näyttävät hyvin samanlaisilta kuin mitatessa. Kuvassa 28 on esitetty valaistusvoimakkuudet esimerkkialueella. Laskennassa ei ole otettu huomioon, että tila jatkuu ylöspäin, joten ylimmäiset valaistusvoimakkuudet eivät pidä paikkaansa. Kuvan alalaita on kulkuväylä, jonka valaistusvoimakkuus on heikompi kuin työpisteiden.




Tilan korkeus: 2.400 m, Asennuskorkeus: 2.479 m, Huoltokerroin: 1.00

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:103

| Pinta | ρ [%] | $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min}$ / $E_m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Käyttötaso | / | 831 | 84 | 1370 | 0.101 |
| Lattia | 20 | 772 | 153 | 1294 | 0.198 |
| Katto | 70 | 125 | 71 | 167 | 0.569 |
| Seinät (4) | 50 | 172 | 74 | 411 | / |

**Käyttötaso:**
Korkeus: 0.800 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.000 m

| UGR | Pitkittäin- | Poikittain | Valaisimen keskiviivaan |
|---|---|---|---|
| Vasen seinä | 17 | 16 | |
| Alempi seinä | 17 | 17 | |

(CIE, SHR = 0.25.)

Niiden pisteiden osuus, joiden valaistusvoimakkuus alle 400 lx (IEQ-7:ää varten): 19.92%.

**Luettelo valaisimista**

| Numero | Kappale | Tunnus (Korjaustekijä) | Φ (Valaisin) [lm] | Φ (Lamput) [lm] | P [W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | PHILIPS RC532B PSD W8L113 1 xLED25S/840 OC (Tyyppi 1)* (1.000) | 2500 | 2500 | 18.0 |
| | | | Yhteensä: 37500 | Yhteensä: 37500 | 270.0 |

*Muutetut tekniset tiedot

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 5.63 W/m² = 0.68 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala: 48.00 m²)

Kuva 28. DIALux, matalatila.

## Pistemenetelmä

Työpöydät on tilassa asetettu suurin piirtein valaisinlinjojen keskelle. Tilan valaisimien valonjakokäyrästä huomataan, että viereisen pöytäryhmän valaisimen valovirta ei tuo juurikaan vaikutusta valonmäärään mitatulla työpisteellä. Laskennassa on käytetty vain työpisteen päältä tulevien valaisimien valovirtaa. Valaistusvoimakkuuteen valaisimia on 2 kpl, suoraan yläpuolella ja viereinen valaisin. Viereinen valaisin vaikuttaa noin 30 asteen kulmassa ja päällä oleva 0 asteen kulmassa. Kulmien valovoiman arvoiksi I saadaan valonjakokäyrän mukaisesti

0° asteessa 590 cd / 1000 lm x 2500 lm = 1475 cd ja

30° asteessa 630 cd / 1000 lm x 2500 lm = 1575 cd

Valon tullessa noin kolmenkymmenen asteen kulmassa, etäisyydeksi mittauspisteeseen saadaan trigonometrisen funktion avulla 1,6 m / cos(30°) = 1,85 m.

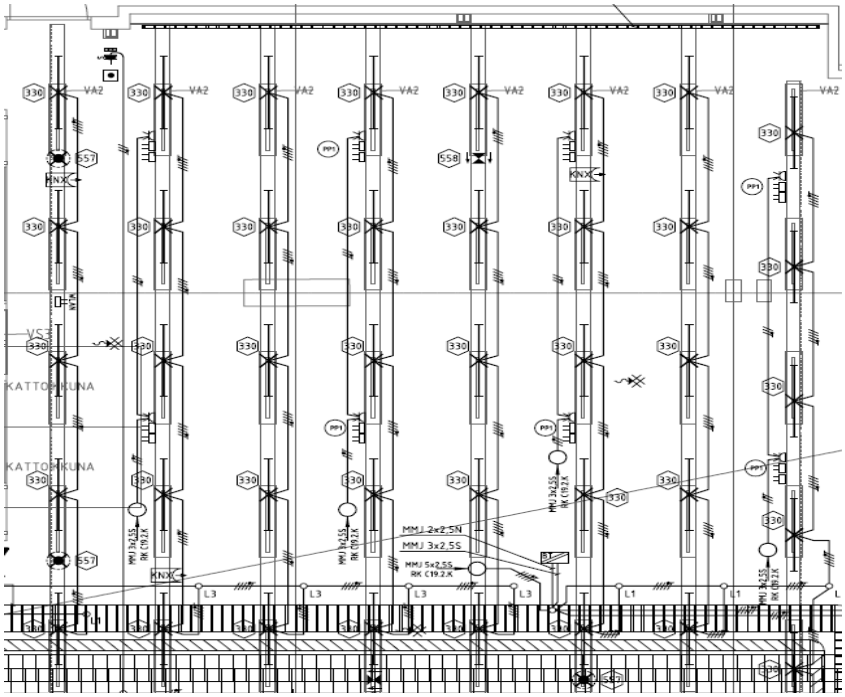
Pistemenetelmällä laskien saadaan 100 %:n teholla kaavaa 2 käyttäen pisteen valaistusvoimakuudeksi

$E = (1475\ cd / 1{,}6\ m^2) + (1494\ cd * \cos(30) / 1{,}85^2\ m) = 954\ [lx]$.

Mittaustulos oletetussa heikoimmassa pisteessä oli 998 lx. Laskennallinen tulos on aika lähellä mitattua tulosta.

### 5.3.4 Korkea tila

Esimerkkinä korkean tilan valaistusvoimakkuuden laskennassa on käytetty noin 12,5 m * 11,5 m = 143,75 $m^2$ aluetta (kuvassa 29). Korkean tilan valaisimena on käytetty Philips Lightning SM480C W24L134 1xLED35S/840 ACC-MLO DALI -valaisimia. Valaisimien asennuskorkeus on 4,1 m lattiasta, laskentapiste on 0,8 m lattiasta työpöydällä. Esimerkkitilassa valaisimia on sijoiteltu tasaisin välein 40 kpl. Valaisimen perustiedot ja valonjakokäyrä selviävät kohdasta 4.2.




Kuva 29. Esimerkkikuva korkeasta tilasta.

Hyötysuhdemenetelmällä laskien tilan keskimääräiseksi valaistusvoimakuudeksi saadaan 100 %:n teholla kaavaa 1 käyttäen

$E_k = 0{,}8 \times ((3500\ lm \times 40\ kpl) / 143{,}75\ m^2) = 779\ [lx]$.

Mitatessa työpisteillä arvot olivat oletetussa heikoimmassa kohdassa noin 850 luxia ja lähiympäristössä noin 750 luxia.

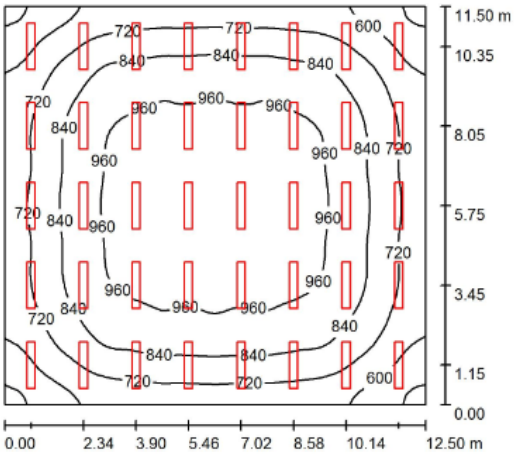
Vanhoina valaisimina tilassa oli 25 kpl kpl 2 x 58 W:n loisteputkivalaisinta. Yksi 4000 kelvinin 58 W:n loisteputki tuottaa valovoimaa 5200 lm. Keskimääräinen laskennallinen valaistusvoimakkuus tilassa vanhoilla valaisimilla oli

$Ek = 0{,}5 * (50 \times 5200\ lm / 143{,}75\ m^2) = 904\ [lx]$.

Mittauksia ei ehditty suorittaa ennen purkutöitä. Vanhoissa valaisimissa ei ollut lainkaan säätöä, joten valaistusvoimakkuus oli hivenen liian suuri tilaan nähden.

DIALux

DIALux-ohjelmistolla laskien tulokset näyttävät hyvin samanlaisilta kuin mitatessa. Kuvassa 28 on esitetty valaistusvoimakkuudet esimerkkialueella. Laskennassa ei ole otettu huomioon, että tila jatkuu oikealle, joten reunimmaiset valaistusvoimakkuudet eivät pidä paikkaansa. Muut reuna-alueet ovat kulkuväyliä, joiden valaistusvoimakkuus on heikompi kuin työpisteiden.




Tilan korkeus: 6.000 m, Asennuskorkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 1.00

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:148

| Pinta | ρ [%] | $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min}$ / $E_m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Käyttötaso | / | 825 | 463 | 1015 | 0.561 |
| Lattia | 20 | 773 | 427 | 979 | 0.553 |
| Katto | 70 | 144 | 101 | 165 | 0.701 |
| Seinät (4) | 50 | 305 | 102 | 705 | / |

**Käyttötaso:**

| | | **UGR** | Pitkittäin- | Poikittain | Valaisimen keskiviivaan |
|---|---|---|---|---|---|
| Korkeus: | 0.800 m | Vasen seinä | 17 | 17 | |
| Rasteri: | 64 x 64 Pisteet | Alempi seinä | 17 | 17 | |
| Reuna-alue: | 0.000 m | (CIE, SHR = 0.25.) | | | |

Niiden pisteiden osuus, joiden valaistusvoimakkuus alle 400 lx (IEQ-7:ää varten): 0.00%.

**Luettelo valaisimista**

| Numero | Kappale | Tunnus (Korjaustekijä) | Φ (Valaisin) [lm] | Φ (Lamput) [lm] | P [W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 40 | PHILIPS SM480C W24L134 1xLED35S/840 ACC-MLO (1.000) | 3500 | 3500 | 30.0 |
| | | Yhteensä: | 140000 | Yhteensä: 140000 | 1200.0 |

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 8.35 W/m² = 1.01 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala: 143.75 m²)

Kuva 30. Korkea tila, DIALux.

## Pistemenetelmä

Pistemenetelmällä laskiessa korkean tilan työpisteen valaistusvoimakkuuteen vaikuttaa suurimmaksi osaksi 9 kpl valaisimia. Valaisimien valovoiman arvoiksi I saadaan valonjakokäyrän mukaisesti

0° asteessa 430 cd / 1000 lm x 3500 lm = 1505 cd, 2 kpl poikittaisille valaisimille 30° asteessa 435 cd / 1000 lm x 3500 lm = 1522 cd ja 6 kpl pitkittäisille valaisimille 30° asteessa 360 cd / 1000 lm x 3500 lm = 1260 cd.

Valon tullessa noin 25 asteen kulmassa etäisyydeksi mittauspisteeseen saadaan trigonometrisen funktion avulla 3,3 m / cos(25°) = 3,8 m.

Pistemenetelmällä laskien saadaan 100 %:n teholla kaavaa 2 käyttäen pisteen valaistusvoimakuudeksi

$E = (1505\ cd / 3{,}3^2\ m) + 2 \times (1470\ cd * \cos(30) / 3{,}8^2\ m) + 6 \times (1260\ cd \times \cos(30°) / 3{,}8^2 = 770\ [lx]$.

Laskennallinen ja mitattu tulos ovat aika lähellä toisiaan. Jonkin verran valoa tulee muista valaisimista, mikä selittänee mitatun ja laskennallisen eron.

# 6 Energiatehokkuus

## 6.1 Valaistuksen energiankulutus

Nykyisin kaikessa sähkön käytössä painotetaan energiatehokkuutta. Valaistuksen osuus Suomen julkisten tilojen energiankulutuksesta on jopa kolmasosa (15). Valaistuksen tarvitsema energiankulutus on kuitenkin viime vuosina lähtenyt laskuun. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi LED-valaistuksen yleistymisestä ja osansa asiassa on myös älykkäillä ohjausjärjestelmillä.

Valaistuksen energiansäästöön vaikuttavia toimia ovat esimerkiksi seuraavat (15):

- Vaihdetaan vanhat, energiatehottomammat valaisimet uusiin, paremman hyötysuhteen valaisimiin, kuitenkin huomioon ottaen valaistukselle asetetut vaatimukset.

- Valaisimien optiikat suunnitellaan siten, että valo saadaan sinne missä sitä tarvitaan.

- Sijoitellaan valaisimet optimaalisesti.

- Käytetään valaistuksen ohjausjärjestelmiä.

Luvussa 6, käydään laskennallisesti läpi kohteen korkeiden ja matalien tilojen energiansäästö verrattuna vanhaan loisteputkivalaistukseen. Neuvottelutilat on rajattu pois laskennoista, koska niihin ei ole vertailupohjaa.

## 6.2 Kohteen energiatehokkuus verrattuna entiseen

Tässä luvussa arvioidaan energiansäästöä vanhaan valaistukseen verrattuna. Kaikista valaistusryhmistä ei ole tehty virtamittauksia, joten arvot ovat noin -arvoja. Vanhalla ohjausjärjestelmällä kaikki valaisimet olivat päällä joka päivä kello 6.00–18.00 ja välillä myös muina aikoina. Yhteensä käyttötunteja on ollut vuodessa noin 4380 tuntia. Nykyisellä läsnäolo/vakiovalo-ohjausjärjestelmällä oletetaan laskelmissa saavutettavan noin 30 %:n säästö käyttötunteihin ja energiankulutukseen.

Kohteen korkeiden tilojen valaistuksen kokonaisottoteho on ilman säätöä 7380 W. Valaisinvalmistaja ilmoittaa valaisinkortissa tehonkulutustoleranssin olevan +/- 10 %. Valaisimet on ohjelmoitu tuottamaan työpisteille noin 500 lx, tällöin virtamittauksien mukaan tehoa on jäljellä 66,14 % täyteen valaistukseen nähden. Energiansäästölaskelmissa on käytetty prosenttilukuna 70 %:a, joka sisältää myös oletetun tehonkulutustoleranssin. Virtamittauksien mukaan valaisimet kuluttivat jonkin verran enemmän tehoa, kuin oli ilmoitettu.

Kohteen matalien tilojen valaistuksen kokonaisottoteho on ilman säätöä 4681 W. Valaisinvalmistaja ilmoittaa valaisinkortissa tehonkulutustoleranssin olevan +/- 10 %. Valaisimet on ohjelmoitu tuottamaan työpisteille noin 500 lx, tällöin virtamittauksien mukaan tehoa on jäljellä 57,61 % täyteen valaistukseen nähden. Energiansäästölaskelmissa on käytetty prosenttilukuna 62 %:a, joka sisältää myös oletetun tehonkulutustoleranssin. Virtamittauksien mukaan valaisimet kuluttivat jonkin verran enemmän tehoa, kuin oli ilmoitettu.

Kohteen vanhojen valaisimien ottoteho oli korkeissa tiloissa noin 17 850 W ja matalissa tiloissa noin 18 500 W. Vanhat valaisimet olivat kuristimilla varustettuja, joten kuristinhäviöt ovat valaisimissa noin 12 %. Kohteessa on käytetty loistehon kompensointia. Kuristinhäviöt on laskettu taulukon 10 ottotehoihin mukaan.

Taulukko 10. Energiankulutus.

| Valaisimet | Ottoteho W | Säädetty teho W | Pinta-ala $m^2$ | Tehotiheys W/ $m^2$ | Käyttötunnit/a h | Ohjaus säästö | MWh/ a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matalat tilat, uudet | 4681 | 2902 | 850 | 3,41 | 4380 | -30 % | 8,9 |
| Korkeat tilat, uudet | 7380 | 5166 | 885 | 5,84 | 4380 | -30 % | 15,8 |
| Matalat tilat, vanhat | 18500 | 18500 | 850 | 21,76 | 4380 | 0 | 81 |
| Korkeat tilat, vanhat | 17850 | 17850 | 885 | 20,17 | 4380 | 0 | 78 |

Taulukossa 10 on ottotehoon lisätty vanhoille valaisimille kuristinhäviöt. Säädetty teho on uusien valaisimien oletettu ottoteho 500 luksiin ohjelmoituna. Tehotiheys kuvaa valaistuksen tehon määrää pinta-alaneliötä kohden valaisimet ohjelmoituna. Ohjauksella tarkoitetaan ohjaustavasta johtuvaa oletettua energiasäästöä uusilla valaisimilla.

Kohteen yleisvalaistuksen vuotuinen sähkönkulutus on uusilla valaisimilla taulukon 10 mukaisesti korkeissa tiloissa noin 15,8 MWh ja matalissa tiloissa noin 8,9 MWh, yhteensä noin 24,7 MWh. Vanhoilla valaisimilla vuotuinen sähkönkulutus oli matalissa tiloissa noin 81 MWh ja korkeissa tiloissa 78 MWh, yhteensä noin 159 MWh. Energiaa säästyy näin ollen 159 MWh – 24,7 MWh = 134,3 MWh vuodessa.

ABB Oy:n Pitäjänmäen tehdasalue maksaa sähköstään arvion mukaan 100 €/MWh. Uuden valaistuksen ja ohjausjärjestelmän tuottama säästö energiankulutuksessa on tällöin 100 €/MWh x 134,3 MWh = 13 430 € vuodessa.

Vanhat valaisimet olivat jonkin verran ylimitoitettuja tilaan. Vanhoilla valaisimilla laskennallinen valaistusvoimakkuus oli noin 1000 luksia ja uusilla säädettynä 500 luksia.

## 6.3 Kohteen valaistus/ohjaus-järjestelmien takaisinmaksuaika-arvio

Kohteen yleisvalaisimet ja KNX-järjestelmän hankki ABB Oy itse. Asennuksista vastasi E-sähkö Oy ja ohjelmoinneista LJM sähkö Oy:n Jukka Mäkinen. Valaisimien ja KNX-järjestelmän tarkat hinnat asennuksineen ovat liikesalaisuuksia.

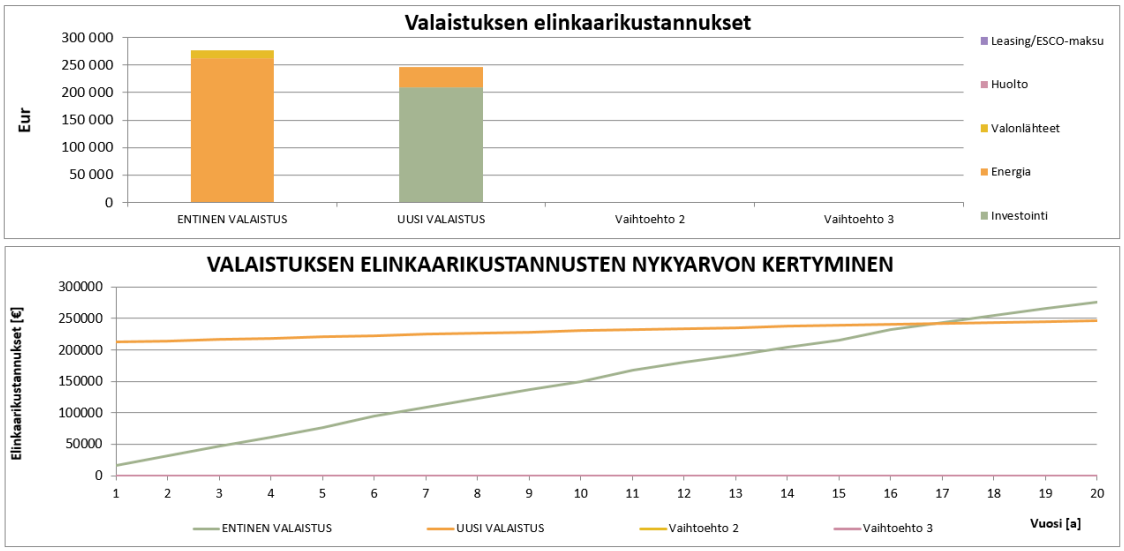
Hinnaksi valaisimille asennettuna/kaapeloituna voidaan olettaa arviolta noin 185 000 euroa (ALV 0 %). Hinnaksi KNX-järjestelmälle ohjelmointeineen/asennuksineen voidaan olettaa arviolta noin 25 000 euroa (ALV 0 %).

Uuden LED-valaistuksen oletettu käyttöikä on valaisinvalmistajan antamien tietojen mukaisesti noin 70 000 tuntia. Käyttötunnit ovat kohteessa ilman ohjausta noin 4380 tuntia vuodessa. Uudet valaisimet kestävät näin ollen valaisinvalmistajan mukaan 70 000 h / 4380 h/a = noin 16 vuotta. Valaisimia on ohjelmoimalla himmennetty 60–70 prosentin tehoon ja lisäksi läsnäolo/vakiovalo-ohjaus vaikuttaa valaisimien käyttöikään suotuisasti. Voidaan olettaa että uusilla valaisimilla käyttöikä on noin 20 vuotta.

Vanhojen loisteputkivalaisimien putkien vaihto tulee suorittaa noin 20 000 tunnin välein. Vanhojen loisteputkien vaihto massavaihtona olisi tullut maksamaan noin 6000 euroa. Vanhat putket olisi tullut vaihtaa 20 vuoden tarkasteluvälillä neljä kertaa. Yhteensä vaihdoille olisi tullut hintaa 24 000 euroa tarkasteluvälillä. Laskennassa ei oteta huomioon valaisimien muita huoltokustannuksia, esim. mahdollisia kuristimien vaihtoja ja lampunpitimien uusimisia.

Energiansäästö rahallisesti uusilla valaisimilla ja ohjausjärjestelmillä on 20 vuoden tarkasteluvälillä 13 430 €/a x 20 a = 268 600 €. Loisteputkien vaihdoista kertyvät 24 000 euron kulut lisättynä säästöjä tulee vanhaan valaistukseen verrattuna noin 292 600 euroa. Järjestelmien hankintahintojen ollessa yhteensä noin 210 000 euroa, säästöä syntyy 20 vuoden tarkasteluvälillä 82 600 euroa.

Kuvassa 31 on esitetty valaistuksen elinkaarikustannukset VALTTI-elinkaarikustannuslaskennan mukaisesti.




Kuva 31. Elinkaarikustannukset.

Kuvasta 31 huomataan, että järjestelmien takaisinmaksuaika on noin 16–17 vuotta. Elinkaarikustannuksia miettiessä täytyy ottaa huomioon, että kyseiset tilat olisivat joka tapauksessa saneerattu perin pohjin uudelleen ja valaisimet kaapelointeineen olisi uusittu. Vanhat valaisimet olivat jo noin 30 vuotta vanhoja, ja ne olivat tulleet käyttöikänsä päähän.

# 7 Yhteenveto

Insinöörityössä perehdyttiin KNX-järjestelmään ja LED-valaistukseen esimerkkikohteen avulla. Työssä mitattiin ja laskettiin valaistusvoimakkuusarvoja. Laskennalliset valaistusvoimakkuusarvot olivat aika lähellä mitattuja arvoja, ja lähimmäksi mitattuja arvoja päästiin DIALux-ohjelmistolla laskien. Virtamittauksien tarkoituksena oli havainnollistaa virran kulutuksen muutosta valaisimia himmennettäessä noin 500 luksin arvoihin. Virtamittaustuloksista havaittiin, että eri valaisimet käyttäytyvät himmennettäessä eri tavalla. Valaisinvalmistajan mukainen tehonkulutustoleranssi +/- 10 % ylittyi jonkin verran mitatuissa valaisinryhmissä. Virran kulutuksen muutosta valaistusta himmennettäessä ei yleisesti ilmoiteta valaisinkorteissa. Tämä tieto olikin tärkeä osa tätä insinöörityötä.

Energiatehokkuusluvussa havaittiin, että tehotiheys on valaisimet ohjelmoituna noin 500 luksiin korkeissa tiloissa noin 5,84 W/m$^2$ ja matalissa tiloissa noin 3,41 W/m$^2$. Luvut ovat todella pieniä. Voidaan sanoa, että yhdessä läsnäolo/vakiovalo-ohjauksella kohteen energiatehokkuus on todella hyvä. Vanhoilla valaisimilla tehotiheys oli noin 20 W/m$^2$. Toki laskennalliset valaistusvoimakuudet olivat vanhoilla valaisimilla noin 500 luksia enemmän.

Mielenkiintoista olisi ollut tehdä valaistuksen osalta vuoden mittainen sähkönkulutusmittaus, jolla olisi mitattu valaistuksen energiantarpeen muutoksia vuoden aikana. Verrokkina olisi voitu mitata yksi viikko sähköntarvetta valaistuksen ollessa ilman ohjauksia. Mittauksella olisi havaittu läsnäolo/vakiovalo-ohjauksen energiansäästö. Tämä olisi ollut helposti toteutettavissa KNX-pohjaisella sähkönkulutusmittauksella, mutta aika ei antanut myöten.

Kaiken kaikkiaan insinöörityössä saatiin tärkeää tietoa valaistuksen tarvitsemasta sähkötehosta. Työ toimii hyvänä perspektiivinä tulevia saneerauksia ajatellen.

Toimin itse projektipäällikkönä kohteen sähkötöistä vastanneessa yrityksessä E-sähkö Oy. KNX- ja DALI-järjestelmät eivät olleet ennestään ohjelmistotasolla itselleni, eikä edustamalleni yritykselle kovinkaan tuttuja. Asennuksia olemme tehneet paljon, mutta ohjelmoinnit on tilattu alihankintana. Insinöörityön innoittamana päätimme alkaa kouluttamaan kaksi asentajaa KNX- ja DALI-ohjelmointiin. Koulutukset alkavat toukokuussa Tampereen ammattikorkeakoulussa. Pätevistä ohjelmoijista on jopa pulaa tällä hetkellä. Toivottavasti koulutukset tuottavat tulosta.

## Lähteet


1 KNX - ratkaisusi nykyaikaiseen rakentamiseen ja ohjauksiin. 2018. Verkkoaineisto. KNX Finland Ry. <http://www.knx.fi/>. Luettu 21.1.2018.

2 Lehtinen, Antti. 2012. ST 701.31, sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen. Espoo: Sähköinfo Oy.

3 Härkönen, Kalevi. 2015. ST käsikirja 23, KNX-järjestelmän perusteet. Espoo: Sähköinfo Oy.

4 Forsell, Simo. 2013. KNX-järjestelmän hyödyntäminen toimistorakennuksessa. Insinöörityö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

5 Valaistusteknisiä käsitteitä. Verkkoaineisto. Glamox Luxo Lightning Oy. <http://glamox.com/fi/valaistusteknisi-ksitteit>. Luettu 12.3.2018.

6 Kallasjoki, Tapio. 2017. Valonvärioominaisuudet. Luentomoniste. Metropolia ammattikorkeakoulu.

7 CIE 2017 Colour Fidelity Index. Verkkoaineisto. CIE. <http://www.cie.co.at/publications/cie-2017-colour-fidelity-index-accurate-scientific-use. Luettu12.4.2018.

8 Kallasjoki, Tapio. 2018. ST 58.08, valonlähteet. Espoo: Sähköinfo Oy.

9 Valaisinmyyjät. 2018. SLO Oy ja Rexel Oy. Keskustelu 12.2.2018.

10 Led-perustiedot. Verkkoaineisto. LEDVANCE Oy, <https://www.ledvance.fi/tuotteet/tuotetiedot/led-perustiedot/>. Luettu 11.2.2018.

11 LED-perusteet. Verkkoaineisto. Glamox Luxo Lightning Oy. <http://glamox.com/fi/led-perusteet->. Luettu 13.2.2018.

12 LED. Verkkoaineisto. Ensto Finland Oy. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>. Luettu 12.2.2018

13 Ledien elinikä. Verkkoaineisto. Glamox Luxo Lightning Oy. <http://glamox.com/fi/ledien-elinik1>. Luettu 15.3.2018.

14 Philips valaistus. 2017. Valaisinluettelo 2017. Philips Lightning Oy.

15 Valaistus. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/valaistus>. Luettu 13.3.2018

Korkeiden tilojen valaisinkortti



# SmartBalance, surface mounted

## SM480C LED35S/840 PSD ACC-MLO

SmartBalance Surface Mounted - LED Module, system flux 3500 lm - 840 Neutraali valkoinen - Tehonsyöttöyksikkö, DALI-liitäntä - Mikrolinssioptiikka, akrylaattia, kirkas

SmartBalance-valaisin vastaa sekä toiminnallisuutta että muotoilua koskeviin vaatimuksiin. Entistä paremman energiatehokkuuden lisäksi valaisimella on viehättävä ulkonäkö, joka sulautuu huomaamattomasti kattoon. Lisäksi valaisin on kaikkien toimiston valaistukselle asetettujen standardien mukainen.

### Tuotetiedot

| Yleistä tietoa | |
|---|---|
| Valonlähteiden määrä | 1 [ 1 kpl] |
| Lamppuperheen koodi | LED35S [ LED Module, system flux 3500 lm] |
| Valonlähteen väri | 840 Neutraali valkoinen |
| Kanta | - [ - ] |
| Valonlähde vaihdettavissa | Ei |
| Liitäntälaitteiden määrä | 1 yksikkö |
| Liitäntälaite | - |
| Virtalähde/virtayksikkö/muuntaja | PSD [ Tehonsyöttöyksikkö, DALI-liitäntä] |
| Liitäntälaite sisältyy toimitukseen | Kyllä |
| Optiikan tyyppi | No [ - ] |
| Optisen kuvun/linssin tyyppi | ACC-MLO [ Mikrolinssioptiikka, akrylaattia, kirkas] |
| Valaisimen valokeilan hajautus | 100° |

| | |
|---|---|
| Turvavalaistus | No [ - ] |
| Upotettu ohjaus | No [ - ] |
| Ohjauskäyttöliittymä | DALI |
| Liitäntä | Pistoliitin, 3-napainen |
| Kaapeli | - |
| Suojausluokka IEC | Suojausluokka I |
| Asennus | Pinta |
| Hehkulankateeti | Lämpötila 650 °C, kesto 5 s |
| Tulenarkuusmerkintä | F [ Soveltuu asennettavaksi normaalisti syttyville pinnoille] |
| CE-merkintä | CE-merkintä |
| ENEC-merkintä | ENEC plus mark |
| UL-merkintä | Ei |
| Takuuaika | 5 vuotta |

## SmartBalance, surface mounted

| | |
|---|---|
| Vaklovalo-ominaisuus | Ei |
| MCB-tuotteiden määrä | 20 |
| RoHS-merkintä | RoHS-merkintä |
| Lisävaruste PFC | N/A |
| Product Family Code | SM 480C [ SmartBalance Surface Mounted] |

### Käyttö ja sähkötiedot

| | |
|---|---|
| Ottojännite | 220 - 240 V |
| Syöttötaajuus | 50-60 Hz |
| Ohjaussignaalin jännite | 0-16 V DC DALI |
| Kytkentävirtasysäys | 48 A |
| Syttymisaika | 0.180 ms |
| Tehokerroin (min.) | 0.9 |

### Ohjausjärjestelmät ja himmennys

| | |
|---|---|
| Himmennettävä | Kyllä |

### Mekaaniset tiedot ja runko

| | |
|---|---|
| Geometria | Leveys 0,24 m, pituus 1,34 m |
| Rungon materiaali | Polykarbonaatti |
| Heijastimen materiaali | - |
| Optiikan materiaali | - |
| Optiikan kuvun/linssin materiaali | Akrylaatti |
| Kytkentäalustan materiaali | Steel |
| Kiinnitysmateriaali | - |
| Optiikan kuvun/linssin viimeistely | Teksturoitu |
| Kokonaispituus | 1340 mm |
| Kokonaisleveys | 240 mm |
| Kokonaiskorkeus | 52 mm |

### Hyväksyntä ja käyttökohteet

| | |
|---|---|
| IP-luokka | IP40 [ Johtosuojattu] |
| Mek. iskun suojauskoodi | IK02 [ 0.2 J standard] |

### Suorituskyky alussa (IEC-yhteensopiva)

| | |
|---|---|
| Valovirta alussa | 3500 lm |
| Valovuotoleranssi | +/-10% |
| LED-valaisimen tehokkuus alussa | 117 lm/W |
| Alun vast. värilämpötila | 4000 K |
| Alun Värintoistoindeksi | >80 |
| Aikukromaattisuus | (0.38, 0.38) SDCM <3 |
| Ottoteho alussa | 30 W |
| Tehonkulutustoleranssi | +/-10% |

### Suorituskyky ajan mittaan (IEC-yhteensopiva)

| | |
|---|---|
| Ohjaimen vikaantumisaste 5 000 tunnin kohdalla | 1 % |
| Keskimääräinen käyttöikä – L70B50 | 70000 h |
| Käyttöiän mediaani – L80B50 | 50000 h |
| Käyttöiän mediaani – L90B50 | 25000 h |

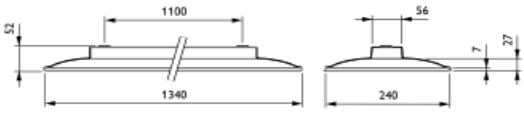
### Käyttökohteiden olosuhteet

| | |
|---|---|
| Ympäristölämpötila-alue | +10 ... +40 °C |
| Keskimääräinen ympäristölämpötila | 25 °C |
| Suurin himmennystaso | 1% |
| Soveltuu satunnaiseen sytytykseen/ sammutukseen | Ei |

### Tuotetiedot

| | |
|---|---|
| Koko tuotekoodi | 871829126756000 |
| Tilaustuotteen nimi | SM 480C LED35S/840 PSD ACC-MLO |
| EAN/UPC – tuote | 8718291267560 |
| Tilauskoodi | 26756000 |
| Sähköinumero | 4259773 |
| Osoittaja – määrä/pakkaus | 1 |
| Osoittaja – pakkauksia ulommassa laatikossa | 1 |
| Materiaalinumero (12NC) | 910504083603 |
| Nettopaino (kappale) | 4.500 kg |

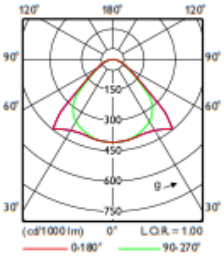
### Mittapiirros



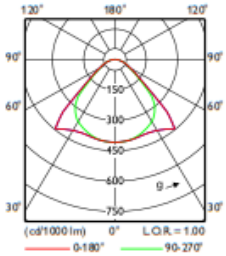

SmartBalance SM480C

## SmartBalance, surface mounted

### Valonjakotiedot




IFGU1_SM480CW24L1341xLED35S840ACC-MLO




IFPC1_SM480CW24L1341xLED35S840ACC-MLO

Matalien tilojen valaisinkortti LED 25S



# TrueLine, upotettu

## RC532B LED25S/840 PSD W8L113 VPC PI5

TrueLine Recessed Line OC - LED Module, system flux 2500 lm - 840 Neutraali valkoinen - Tehonsyöttöyksikkö, DALI-liitäntä - Näkyvä T-listakatto - Pistoliitin, 5-napainen - 1130 mm

Arkkitehdit tarvitsevat valaistusratkaisun, joka sopii tilan sisustukseen. He haluavat valaisinvalikoiman, jossa on tyylikäs muotoilu ja korkealaatuinen valo. Valaistussuunnittelijat tarvitsevat valaisimia, jotka säästävät energiaa ja takaavat samalla riittävän valaistusvoimakkuuden toimistovalaistusstandardien mukaisesti. Upotettu TrueLine pystyy täyttämään kummatkin vaatimukset. TrueLine-valaisinta on saatavilla myös riippuversiona.

### Tuotetiedot

| Yleistä tietoa | |
|---|---|
| Valonlähteiden määrä | 1 [ 1 kpl] |
| Lamppuperheen koodi | LED25S [ LED Module, system flux 2500 lm] |
| Valonlähteen väri | 840 Neutraali valkoinen |
| Kanta | - [ -] |
| Valonlähde vaihdettavissa | Ei |
| Liitäntälaitteiden määrä | 1 yksikkö |
| Liitäntälaite | - |
| Virtalähde/virtayksikkö/muuntaja | PSD [ Tehonsyöttöyksikkö, DALI-liitäntä] |
| Liitäntälaite sisältyy toimitukseen | Kyllä |
| Optiikan tyyppi | No [ -] |
| Optisen kuvun/linssin tyyppi | PM [ PMMA kupu/suoja] |
| Valaisimen valokeilan hajautus | 100° |
| Upotettu ohjaus | No [ -] |
| Ohjauskäyttöliittymä | DALI |

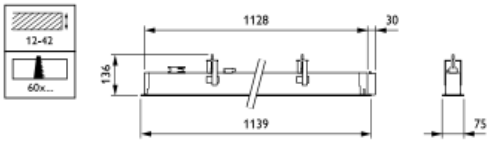
| | |
|---|---|
| Liitäntä | Pistoliitin, 5-napainen |
| Kaapeli | - |
| Suojausluokka IEC | Suojausluokka I |
| Hehkulankatesti | Lämpötila 650 °C, kesto 5 s |
| Tulenarkuusmerkintä | F [ Soveltuu asennettavaksi normaalisti syttyville pinnoille] |
| CE-merkintä | CE-merkintä |
| ENEC-merkintä | ENEC plus mark |
| UL-merkintä | Ei |
| Takuuaika | 5 vuotta |
| Valkovalo-ominaisuus | Ei |
| MCB-tuotteiden määrä | 24 |
| RoHS-merkintä | RoHS-merkintä |
| Lisävaruste PFC | N/A |

## TrueLine, upotettu

| | |
|---|---|
| Product Family Code | RC532B [ TrueLine Recessed Line OC] |
| **Käyttö ja sähkötiedot** | |
| Ottojännite | 220-240 V |
| Syöttötaajuus | 50–60 Hz |
| Ohjaussignaalin jännite | 0-16 V DC DALI |
| Kytkentävirtasysäys | 19 A |
| Syttymisaika | 0.28 ms |
| Tehokerroin (min.) | 0.9 |
| **Ohjausjärjestelmät ja himmennys** | |
| Himmennettävä | Kyllä |
| **Mekaaniset tiedot ja runko** | |
| Rungon kokoonpano | VPC [ Näkyvä T-listakatto] |
| Rungon materiaali | Teräs |
| Heijastimen materiaali | - |
| Optiikan materiaali | - |
| Optiikan kuvun/linssin materiaali | Polymetyylimetakrylaatti |
| Kytkentäalustan materiaali | Steel |
| Kiinnitysmateriaali | Steel |
| Optiikan kuvun/linssin viimeistely | Huurrettu |
| Kokonaispituus | 1130 mm |
| Kokonaisleveys | 75 mm |
| Kokonaiskorkeus | 136 mm |
| Pituus | 1130 mm |
| **Hyväksyntä ja käyttökohteet** | |
| IP-luokka | IP20 [ Sormisuojattu] |
| Mek. iskun suojauskoodi | IK02 [ 0.2 J standard] |
| **Suorituskyky alussa (IEC-yhteensopiva)** | |
| Valovirta alussa | 2500 lm |
| Valovuotoleranssi | +/-10% |

| | |
|---|---|
| LED-valaisimen tehokkuus alussa | 143 lm/W |
| Alun vast. värilämpötila | 4000 K |
| Alun Värintoistoindeksi | ≥80 |
| Alkukromaattisuus | (0.38, 0.38) SDCM <3 |
| Ottoteho alussa | 17.5 W |
| Tehonkulutustoleranssi | +/-10% |
| **Suorituskyky ajan mittaan (IEC-yhteensopiva)** | |
| Ohjaimen vikaantumisaste 5 000 tunnin kohdalla | 1 % |
| Keskimääräinen käyttöikä – L70B50 | 70000 h |
| Käyttöiän mediaani – L80B50 | 50000 h |
| Käyttöiän mediaani – L90B50 | 25000 h |
| **Käyttökohteiden olosuhteet** | |
| Ympäristölämpötila-alue | +10 ... +40 °C |
| Keskimääräinen ympäristölämpötila | 25 °C |
| Suurin himmennystaso | 1% |
| Soveltuu satunnaiseen sytytykseen/sammutukseen | Ei |
| **Tuotetiedot** | |
| Koko tuotekoodi | 871869687130000 |
| Tilaustuotteen nimi | RC532B LED25S/840 PSD W8L113 VPC PI5 |
| EAN/UPC – tuote | 8718696871300 |
| Tilauskoodi | 87130000 |
| Osoittaja – määrä/pakkaus | 1 |
| Osoittaja – pakkauksia ulommassa lastikossa | 1 |
| Materiaalinumero (12NC) | 910502043803 |
| Nettopaino (kappale) | 2.500 kg |

### Mittapiirros

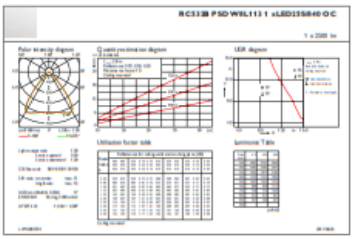



TrueLine recessed RC515B, RC530B-RC534B

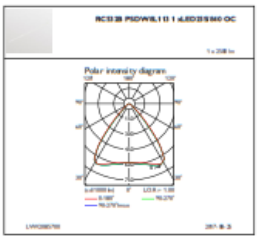
 

## TrueLine, upotettu

### Valonjakotiedot



IFGU1_RC532BPSDW8L1131xLED25S840OC




IFPC1_RC532BPSDW8L1131xLED25S840OC

Neuvottelutilojen valaisinkortti.



# CoreLine Panel

## RC127V LED34S/840 PSD W60L60 OC

CORELINE PANEL OC - LED Module, system flux 3400 lm - 840 neutral white - Power supply unit with DALI interface - Width 0.60 m, length 0.60 m - Office compliant version

Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Panel range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. Both Non-Office Compliant (NOC) version and Office Compliant version (OC) are now available. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch. ;InterAct Ready luminaire with integrated wireless communications to be used with InterAct gateways, sensors and software.

### Product data

| General Information | |
|---|---|
| Lamp family code | LED34S [ LED Module, system flux 3400 lm ] |
| Light source color | 840 neutral white |
| Light source replaceable | No |
| Number of gear units | 1 unit |
| Driver/power unit/transformer | Power supply unit with DALI interface |
| Driver included | Yes |
| Optic type | - |
| Luminaire light beam spread | 100° |
| Control interface | DALI |
| Connection | Push-in connector and pull relief |
| Cable | - |
| Protection class IEC | Safety class II |
| Glow-wire test | Temperature 650 °C, duration 30 s |

| | |
|---|---|
| Flammability mark | For mounting on normally flammable surfaces |
| Safety device | SC [ Safety cable] |
| Type description | Office compliant version |
| CE mark | CE mark |
| ENEC mark | ENEC mark |
| UL mark | - |
| Warranty period | 3 years + 2 years upon registration |
| Constant light output | No |
| Number of products on MCB of 16 A type B | 24 |
| RoHS mark | RoHS mark |
| Product family code | RC127V [ CORELINE PANEL OC ] |

| Operating and Electrical | |
|---|---|
| Input Voltage | 220 to 240 V |

## CoreLine Panel

| | |
|---|---|
| Input Frequency | 50 to 60 Hz |
| Inrush current | 20.4 A |
| Inrush time | 0.195 ms |
| Power Factor (Min) | 0.9 |

### Controls and Dimming

| | |
|---|---|
| Dimmable | Yes |

### Mechanical and Housing

| | |
|---|---|
| Geometry | Width 0.60 m, length 0.60 m |
| Housing Material | Aluminum |
| Reflector material | - |
| Optic material | - |
| Optical cover/lens material | Polycarbonate |
| Fixation material | - |
| Optical cover/lens finish | Opal |
| Overall length | 597 mm |
| Overall width | 597 mm |
| Overall height | 42 mm |

### Approval and Application

| | |
|---|---|
| Ingress protection code | IP20 [ Finger-protected] |
| Mech. impact protection code | IK02 [ 0.2 J standard] |

### Initial Performance (IEC Compliant)

| | |
|---|---|
| Initial luminous flux (system flux) | 3400 lm |
| Luminous flux tolerance | +/-10% |
| Initial LED luminaire efficacy | 83 lm/W |
| Init. Corr. Color Temperature | 4000 K |
| Init. Color Rendering Index | ≥80 |
| Initial chromaticity | (0.38, 0.38) SDCM <5 |
| Initial input power | 41 W |
| Power consumption tolerance | +/-10% |

### Over Time Performance (IEC Compliant)

| | |
|---|---|
| Driver failure rate at 5000 h | 1 % |
| Median useful life L70B50 | 50000 h |
| Median useful life L80B50 | 30000 h |
| Median useful life L90B50 | 15000 h |

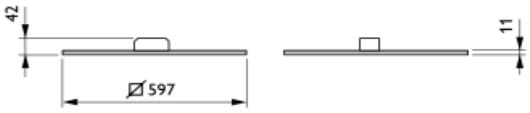
### Application Conditions

| | |
|---|---|
| Ambient temperature range | +10 to +40 °C |
| Average ambient temperature | 25 °C |
| Maximum dim level | 1% |
| Suitable for random switching | Yes (relates to presence/ movement detection and daylight harvesting) |

### Product Data

| | |
|---|---|
| Full product code | 871869607092500 |
| Order product name | RC127V LED34S/840 PSD W60L60 OC |
| EAN/UPC - Product | 8718696070925 |
| Order code | 910503910132 |
| Numerator - Quantity Per Pack | 1 |
| Numerator - Packs per outer box | 1 |
| Material Nr. (12NC) | 910503910132 |
| Net Weight (Piece) | 4.100 kg |

## Dimensional drawing




CoreLine Panel RC125B-RC128V

Tuotekortti, avotilojen tunnistin

ABB

**TUOTEKORTTI**

11.2.2018

1/2

# 6131/31-24-500

| | |
|---|---|
| Nimi: | **Läsnäolotunnistin KNX** |
| | Läsnäolotunnistin 360, premium, valkoinen |
| | KNX |
| Tyyppi: | 6131/31-24-500 |
| EAN: | 4011395185940 |
| Snro: | 2815473 |
| Kuvaus: | 4-kanavainen läsnäolotunnistin väyläliitynnällä. Liikkeeseen ja valoisuuteen perustuva päälle kytkeminen, sammutus porrastetusti kahdella tasolla. Tunnistimessa on myös vakio-valotoiminto, huonetermostaatti ja IR-vastaanotin. Sovelluksessa on 5 lisätoimintoa sisätäen loogiset toiminnot, aikaviiveet ja porrasvaloautomaattitoiminnon. Tunnistimen koko 91x91 mm ja näkyvän osan korkeus 23 mm. Kattoasennus uppoon tai pintaan pinta-asennuskoteloa käyttäen. Uppoasennus jousikiinnityksellä, ei rasiaan. Tunnistimessa 360° valvonta-alue ja asennettuna 2,5 m korkeuteen alueen halkaisija on 10 m. |
| Pakkaus: | 1 |
| Yksikkö: | KPL |

KNX CE

| | |
|---|---|
| **ETIM** | |
| ETIM 5.0 | EC001582 (EC001582) |
| ETIM 6.0 | EC001582 (EC001582) |
| **ETIM 6** | |
| Bus system KNX | 1 |
| Bus system KNX radio | |
| Bus system radio frequent | |
| Bus system LON | |
| Bus system Powernet | |
| Other bus systems | |
| Radio frequent bidirectional | |
| Model | Presence detector |
| Mounting method | Surface mounted (plaster) |
| Material | Plastic |
| Material quality | Thermoplastic |
| Surface protection | Untreated |
| Type of surface | Matt |
| Colour | White |
| RAL-number (akin) | 9016 |

Osoite
PL 16
06101 PORVOO

Puhelinvaihde
010 22 11

Asiakaspalvelu
kotimaanmyynti@fi.abb.com

Verkkopalvelu
http://www.abb.fi

Y-tunnus
0763403-0

**TUOTEKORTTI**

11.2.2018

2/2

# 6131/31-24-500

| | |
|---|---|
| **Transparent** | |
| Bus connection included | 1 |
| Substation input | 1 |
| Creep-under protection | |
| Operation mode switch | |
| Animal zone | |
| Staircase monitoring | 1 |
| Response value luminosity adjustable | 1 |
| Teach-function for response value luminosity | 1 |
| Switch-off delay self-learning | |
| Optimum mounting height | 3 m |
| Max. transmission range sideways | |
| Max. transmission range frontally | |
| Diameter detection range on floor | 12 m |
| Detection angle vertical | |
| Detection angle horizontal | |
| Number of channels | 4 |
| Number of binary inputs | |
| Switching power | |
| Min. switch-on time | 10 s |
| Max. duty cycle | 1092 min |

Osoite
PL 16
06101 PORVOO

Puhelinvaihde
010 22 11

Asiakaspalvelu
kotimaanmyynti@fi.abb.com

Verkkopalvelu
http://www.abb.fi

Y-tunnus
0763403-0

Tuotekortti, neuvottelutilojen tunnistin

ABB

**TUOTEKORTTI**

11.2.2018

1/2

# 6131/20-24-500

| | |
|---|---|
| Nimi: | **Läsnäolotunnistin KNX** |
| | Läsnäolotunnistin 360 mini, valkoinen |
| | KNX |
| Tyyppi: | 6131/20-24-500 |
| EAN: | 4011395185889 |
| Snro: | 2815467 |
| Kuvaus: | Pienikokoinen 2-kanavainen läsnäolotunnistin väyläliitynnällä. Liikkeeseen ja valoisuuteen perustuva päälle kytkeminen, sammutus porrastetusti kahdella tasolla. Tunnistimen koko 80x80 mm ja näkyvän osan korkeus 16 mm. Kattoasennus uppoon tai pintaan pinta-asennuskoteloa käyttäen. Uppoasennus jousikiinnityksellä, ei rasiaan. Tunnistimessa 360° valvonta-alue ja asennettuna 2,5 m korkeuteen alueen halkaisija on 6,5 m. |
| Pakkaus: | 1 |
| Yksikkö: | KPL |

KNX CE

| | |
|---|---|
| **ETIM** | |
| ETIM 5.0 | EC001582 (EC001582) |
| ETIM 6.0 | EC001582 (EC001582) |
| **ETIM 6** | |
| Bus system KNX | 1 |
| Bus system KNX radio | |
| Bus system radio frequent | |
| Bus system LON | |
| Bus system Powernet | |
| Other bus systems | |
| Radio frequent bidirectional | |
| Model | Presence detector |
| Mounting method | Surface mounted (plaster) |
| Material | Plastic |
| Material quality | Thermoplastic |
| Surface protection | Untreated |
| Type of surface | Matt |
| Colour | White |
| RAL-number (akin) | 9016 |
| Transparent | |
| Bus connection included | 1 |

Osoite
PL 16
06101 PORVOO

Puhelinvaihde
010 22 11

Asiakaspalvelu
kotimaanmyynti@fi.abb.com

Verkkopalvelu
http://www.abb.fi

Y-tunnus
0763403-0

**TUOTEKORTTI**

11.2.2018

2/2

# 6131/20-24-500

| | |
|---|---|
| **Substation input** | 1 |
| Creep-under protection | |
| Operation mode switch | |
| Animal zone | |
| Staircase monitoring | 1 |
| Response value luminosity adjustable | 1 |
| Teach-function for response value luminosity | 1 |
| Switch-off delay self-learning | |
| Optimum mounting height | 3 m |
| Max. transmission range sideways | |
| Max. transmission range frontally | |
| Diameter detection range on floor | 8 m |
| Detection angle vertical | |
| Detection angle horizontal | |
| Number of channels | 2 |
| Number of binary inputs | |
| Switching power | |
| Min. switch-on time | 10 s |
| Max. duty cycle | 1092 min |

Osoite
PL 16
06101 PORVOO

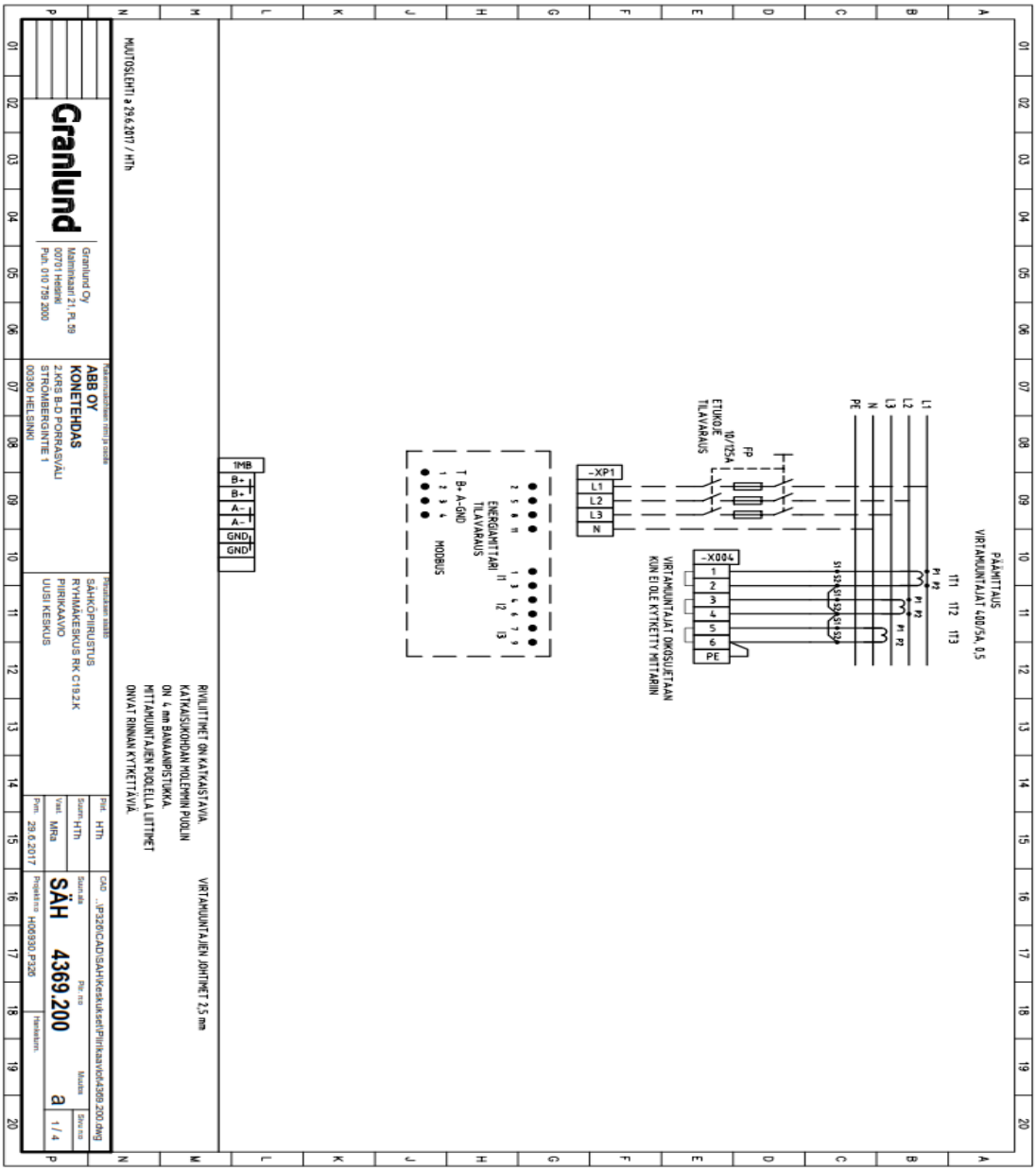
Puhelinvaihde
010 22 11

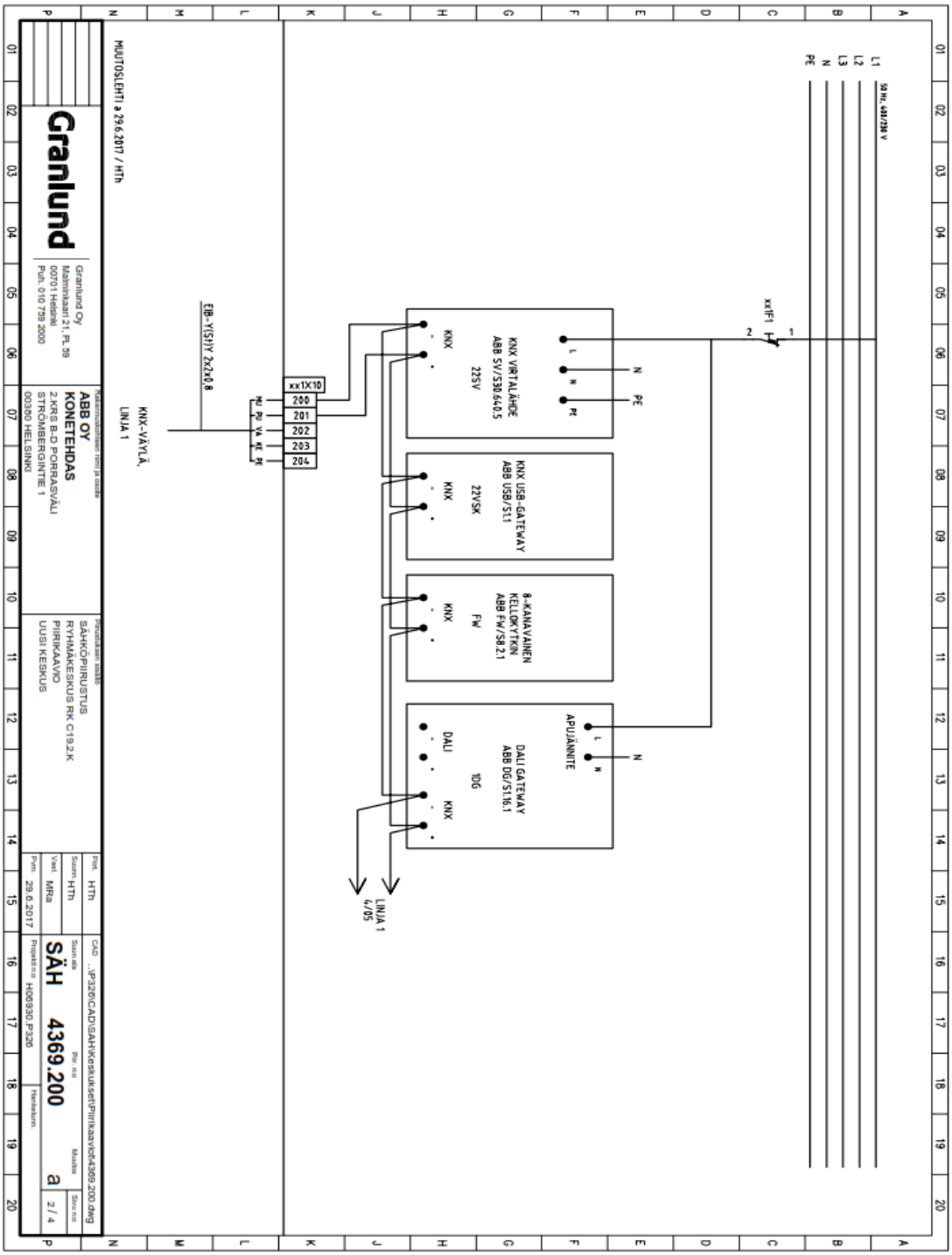
Asiakaspalvelu
kotimaanmyynti@fi.abb.com

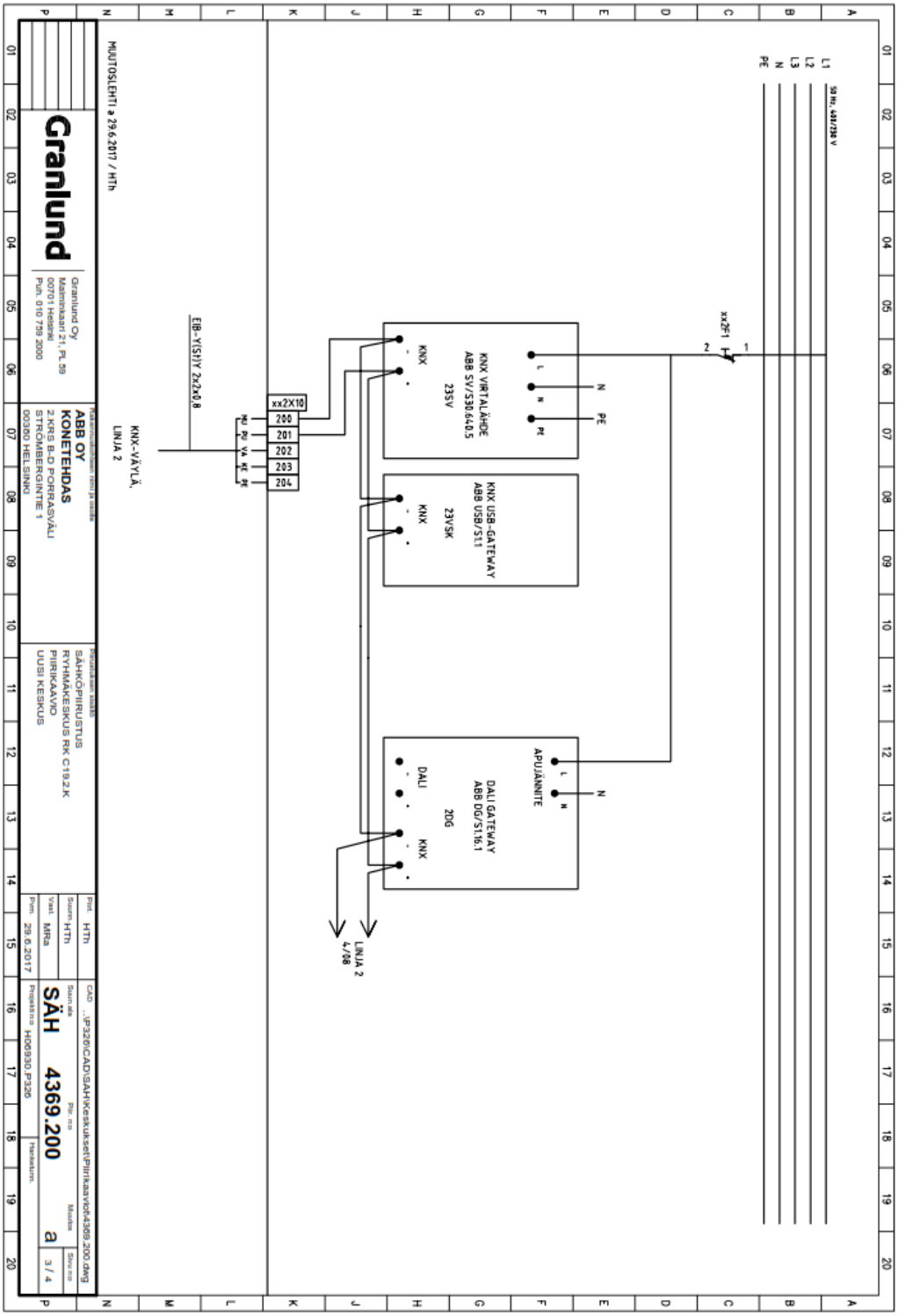
Verkkopalvelu
http://www.abb.fi

Y-tunnus
0763403-0

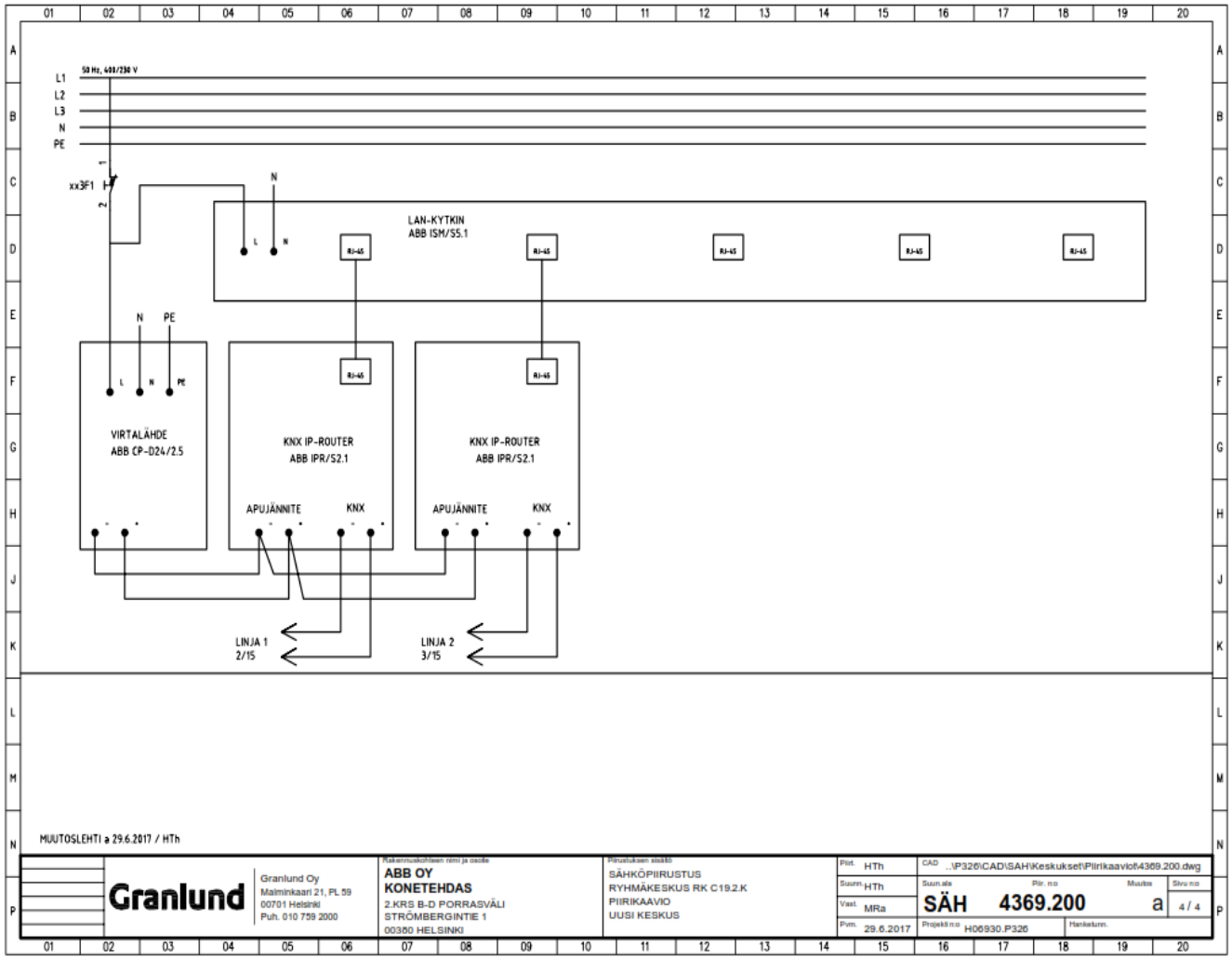
Piirikaavio, keskuksen sisäiset KNX-laitteet.




L1
L2
L3
N
PE
50 Hz, 400/230 V
xxF1
1
2
N
PE
L
N
PE
KNX VIRTALÄHDE
ABB SV/S30.640.5
22SV
KNX
KNX USB-GATEWAY
ABB USB/S11
22VSK
KNX
8-KANAVAINEN
KELLOKYTKIN
ABB FW/S8.2.1
FW
KNX
L
N
APUJÄNNITE
DALI GATEWAY
ABB DG/S1.16.1
1DG
DALI
KNX
LINJA 1
4/B5
xx1X10
200
201
202
203
204
MU PU VA KE PE
EIB-YSLY 2x2x0,8
KNX-VÄYLÄ,
LINJA 1
MUUTOSLEHTI a 29.6.2017 / HTh
Granlund
Granlund Oy
Malminkaari 21, PL 59
00701 Helsinki
Puh. 010 759 2000
Rakennuksen nimi ja osoite
ABB OY
KONETEHDAS
2.KRS B-D PORRASVÄLI
STRÖMBERGINTIE 1
00380 HELSINKI
Rakennuksen osa
SÄHKÖPIRUSTUS
RYTHMÄKESKUS RK C19.2.K
PIIRIKAAVIO
UUSI KESKUS
Piir. HTh
Suunn. HTh
Vast. MRa
Pvm. 29.6.2017
CAD ...P320/CAD\SÄHKkeskukset\Piirikaavot\4369.200.dwg
Suun.ala SÄH
Piir. no 4369.200
Muutos a
Sivu no 2 / 4
Projekti no. H00930.P320
Hankatunn.

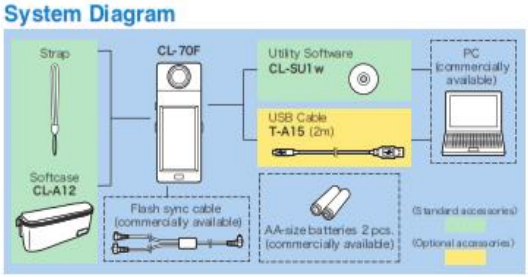

L1
L2
L3
N
PE
50 Hz, 400/230 V
xx2F1
KNX VIRTALÄHDE
ABB SV/S30.640.5
23SV
KNX USB-GATEWAY
ABB USB/S1.1
23VSK
DALI GATEWAY
ABB DG/S1.16.1
2DG
APUJÄNNITE
KNX
DALI
xx2X10
200
201
202
203
204
ELB-YSIY 2x2x0.8
KNX-VÄYLÄ,
LINJA 2
LINJA 2
4/08
MUUTOSLEHTI a 29.6.2017 / HTh
Granlund
Granlund Oy
Malminkaari 21, PL 59
00701 Helsinki
Puh. 010 759 2000
ABB OY
KONETEHDAS
2 KRS B-D PORRASVÄLI
STRÖMBERGINTIE 1
00380 HELSINKI
SÄHKÖPIIRUSTUS
RYHMÄKESKUS RK C19.2.K
PIIRIKAAVIO
UUSI KESKUS
Piirt. HTh
Suunn. HTh
Vast. MRa
Pvm. 29.6.2017
CAD ...\P320\CAD\SÄH\Keskuksen\Piirikaavio\4369.200.dwg
Suunn. aste SÄH
Piir. nro 4369.200
Muutos a
Sivu nro 3 / 4
Projektinro H06930.P320
Hankenumm.

Liite 6

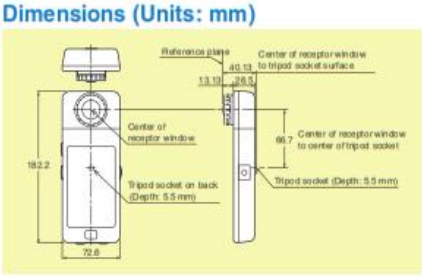

50 Hz, 400/230 V
L1
L2
L3
N
PE
xx3F1
LAN-KYTKIN
ABB ISM/S5.1
RJ-45
VIRTALÄHDE
ABB CP-D24/2.5
KNX IP-ROUTER
ABB IPR/S2.1
APUJÄNNITE
KNX
LINJA 1
2/15
LINJA 2
3/15
MUUTOSLEHTI a 29.6.2017 / HTh
Granlund
Granlund Oy
Malminkaari 21, PL 59
00701 Helsinki
Puh. 010 759 2000
Rakennuskohteen nimi ja osoite
ABB OY
KONETEHDAS
2.KRS B-D PORRASVÄLI
STRÖMBERGINTIE 1
00360 HELSINKI
Piirustuksen sisältö
SÄHKÖPIIRUSTUS
RYHMÄKESKUS RK C19.2.K
PIIRIKAAVIO
UUSI KESKUS
Piir. HTh
Suunn. HTh
Vast. MRa
Pvm. 29.6.2017
CAD ..\P326\CAD\SAH\Keskukset\Piirikaaviot\4369.200.dwg
Suun.ala
Piir. n:o
Muutos
Sivu n:o
SÄH 4369.200 a 4 / 4
Projekti n:o H06930.P326
Hankekunn.

Valaistusmittari, Konica minolta CL-70F

## System Diagram




## Dimensions (Units: mm)




## Main Specifications of CL-70F

| | |
|---|---|
| Model | CRI Illuminance Meter CL-70F |
| Illuminance meter class | Conforms to requirements for Class A of JIS C1609-1 : 2006 "Illuminance meters Part1:General measuring instruments; Conforms to DIN 5032 Part 7 Class C |
| Sensor | CMOS linear image sensor |
| Spectral wavelength range | 380 nm ~ 780 nm |
| Output wavelength pitch | 1 nm |
| Measuring range | Constant light: 1 to 200,000 lx; 1,563 to 100,000 K (Chromaticity display requires 5 lx or more)<br>Flash light: 20 to 20,500 lx · s; 2,500 to 100,000 K |
| Accuracy (Standard Illuminant A) (*1, 2) | $E_v$: ±5%±1digit of displayed value |
| | xy: ±0.003 (at 800 lx) |
| Repeatability (Standard Illuminant A) (*1) | $E_v$: 30 to 200,000 lx: 1%+1digit; 1 to 30 lx: 5%+1digit (*3) |
| | xy: 500 to 200,000 lx: 0.001 (*4)<br>xy: 100 to 500 lx: 0.002 (*4)<br>xy: 30 to 100 lx: 0.004 (*4)<br>xy: 5 to 30 lx: 0.008 (*4) |
| Visible-region relative spectral response characteristics (f1') | Within 9% |
| Cosine correction characteristics (f2) | Within 6% |
| Temperature drift ($f_t$) | $E_v$: ±5%<br>xy: ±0.006 |
| Humidity drift ($f_h$) | $E_v$: ±3%<br>xy: ±0.006 |
| Power | 2 AA-size batteries (Alkaline batteries or manganese dry cells); USB bus power |
| Response time | Constant light (Maximum): 15 sec<br>Constant light (Minimum): 0.5 sec<br>Flash light: 1 ~ 1/500 sec (in 1-step intervals) (*5) |
| Color indication modes | Correlated color temperature $T_{cp}$, Difference from blackbody Δuv, XYZ, xy, u'v', Dominant wavelength $\lambda_d$, Excitation purity $P_e$, Spectral irradiance, $E_\lambda$, CRI (Ra, Ri), Peak wavelength $\lambda_p$, exposure value |
| Other functions | Data memory: 999 data; Preset function; Auto power off function |
| Display languages | English, Japanese, Chinese (Simplified) |
| Interface | USB 2.0 Mini B |
| Operation temperature/ humidity range | -10 to 40°C , relative humidity of 85% or less (at 35°C ) with no condensation |
| Storage temperature/ humidity range | -10 to 45°C , relative humidity of 85% or less (at 35°C ) with no condensation |
| Size | 73 (W)× 183 (H) × 27 (D) mm (Not including projecting buttons)<br>D (max): 40 mm |
| Weight (without battery) | 230 g |

(*1) Measurement mode: Constant light (range L), Exposure time : AUTO
(*2) Linear for $E_v$
(*3) 10 times measurement (2σ) /Ave
(*4) 10 times measurement (2σ)
(*5) Shutter speed

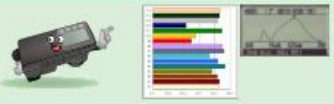
## Utility Software (Standard accessory)

| Software | OS | |
|---|---|---|
| Windows | Windows® 7 SP1<br>Windows® 8<br>Windows® 8.1 | Compatible with 32-bit and 64-bit versions of Excel® |

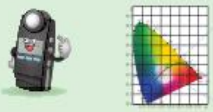
· Windows® and Excel® are trademarks of Microsoft Corporation in the USA and other countries.

### Konica Minolta's Illuminance Measurement Trio
**<All conforms to JIS AA Class>**

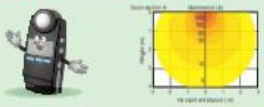
**Illuminance Spectrophotometer CL-500A**
**For industrial applications requiring high accuracy**



**Chroma Meter CL-200A**
**A de facto industry standard for color-temperature measurement !**



**Illuminance Meter T-10A**
**Capable of accurately measuring next-generation lamps including PWM-controlled lighting.**



* Both CL-200A and CL-500A also can measure PWM-controlled light.



**SAFETY PRECAUTIONS**

For correct use and for your safety, be sure to read the instruction manual before using the instrument.

- Be sure to use the specified batteries. Using improper batteries may cause a fire or electric shock.

Certificate No. LRQ 0908044 Registration Date: March 3, 1999
Certificate No. JQA-E-80027 Registration Date: March 12, 1997


| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **KONICA MINOLTA, INC.** | Osaka, Japan | **Phone :** 888-473-2656 (in USA), 201-236-4300 (outside USA) | | **Fax :** 201-785-2482 |
| **Konica Minolta Sensing Americas, Inc.** | New Jersey, U.S.A. | | | |
| **Konica Minolta Sensing Europe B.V.** | European Headquarter /BENELUX | Nieuwegein, Netherlands | **Phone :** +31 (0) 30 248-1193 | **Fax :** +31 (0) 30 248-1280 |
| | German Office | München, Germany | **Phone :** +49 (0) 89 4357 156 0 | **Fax :** +49 (0) 89 4357 156 99 |
| | French Office | Roissy CDG, France | **Phone :** +33 (0) 1 80 11 10 70 | **Fax :** +33 (0) 1 80 11 10 82 |
| | UK Office | Warrington, United Kingdom | **Phone :** +44 (0) 1925 467300 | **Fax :** +44 (0) 1925 711143 |
| | Italian Office | Cinisello Balsamo, Italy | **Phone :** +39 02849488,00 | **Fax :** +39 02849488,30 |
| | Swiss Office | Dietikon, Switzerland | **Phone :** +41 (0) 43 322-9800 | **Fax :** +41 (0) 43 322-9809 |
| | Nordic Office | Västra Frölunda, Sweden | **Phone :** +46 (0) 31 7099464 | |
| | Polish Office | Wrocław, Poland | **Phone :** +48 (0) 71 73452-11 | **Fax :** +48 (0) 71 734 52 10 |
| **Konica Minolta (CHINA) Investment Ltd.** | SE Sales Division | Shanghai, China | **Phone :** +86- (0) 21-5489 0202 | **Fax :** +86- (0) 21-5489 0005 |
| | Beijing Office | Beijing, China | **Phone :** +86- (0) 10-8522 1551 | **Fax :** +86- (0) 10-8522 1241 |
| | Guangzhou Office | Guangdong, China | **Phone :** +86- (0) 20-3826 4220 | **Fax :** +86- (0) 20-3826 4223 |
| | Chongqing Office | Chongqing, China | **Phone :** +86- (0) 23-6773 4988 | **Fax :** +86- (0) 23-6773 4799 |
| | Qingdao Office | Shandong, China | **Phone :** +86- (0) 532-8079 1871 | **Fax :** +86- (0) 532-8079 1873 |
| | Wuhan Office | Hubei, China | **Phone :** +86- (0) 27-8544 9942 | **Fax :** +86- (0) 27-8544 9991 |
| **Konica Minolta Sensing Singapore Pte Ltd.** | | Singapore | **Phone :** +65 6563-5533 | **Fax :** +65 6563-9721 |
| **Konica Minolta Sensing Korea Co., Ltd.** | | Goyang-si, Korea | **Phone :** +82 (0) 2-523-9726 | **Fax :** +82 (0) 31-995-6511 |
| **Konica Minolta, Inc.** | Sensing Business Thailand Representative Office | Bangkok, Thailand | **Phone :** +66-2361-3730 | **Fax :** +66-2361-3771 |

Addresses and telephone/fax numbers are subject to change without notice. For the latest contact information, please refer to the KONICA MINOLTA Worldwide Offices web page :

**http://konicaminolta.com/instruments/network**





9242-4876-14 BFHPK Printed in Japan